

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC903 U.S. PTO
09/833538
04/12/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2001年 1月29日

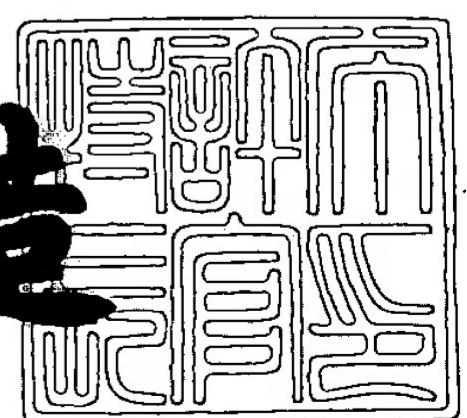
出願番号
Application Number: 特願2001-020456

出願人
Applicant(s): 株式会社村田製作所

2001年 2月23日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3011662

【書類名】 特許願

【整理番号】 DP010015

【提出日】 平成13年 1月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 9/12

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田
製作所内

【氏名】 高峰 裕一

【特許出願人】

【識別番号】 000006231

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号

【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

【識別番号】 100086597

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮▼崎▲ 主税

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-116815

【出願日】 平成12年 4月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004776

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9004892

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 縦結合共振子型弹性表面波フィルタ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電基板と、

前記圧電基板上において弹性表面波伝搬方向に沿って形成されており、それぞれ複数本の電極指を有する少なくとも3つのIDTとを備え、

少なくとも1つのIDTにおける、表面波伝搬方向に隣接している他のIDT側端部から一部分である第1の部分の電極指の周期が、該IDTの残りの部分である第2の部分の電極指の周期と異なっており、第1、第2の部分の電極指の周期で決まる表面波の波長が、それぞれ λ_{I1} 、 λ_{I2} であることを特徴とする、縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項2】 前記第1の部分の電極指の周期が、前記第2の部分の電極指の周期よりも小さい、請求項1に記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項3】 前記第1の部分の電極指の周期が、前記第2の部分の電極指の周期の0.82～0.99倍である、請求項2に記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項4】 隣合う一対のIDTの双方が、第1の部分の電極指の周期が第2の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、前記一対のIDTの隣合う電極指中心間距離が、0.5 λ_{I1} と略一致されている、請求項1～3のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項5】 隣合う一対のIDTの一方のみが、第1の部分の電極指の周期が、第2の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、前記一対のIDTの隣合う電極指中心間距離が、0.25 λ_{I1} +0.25 λ_{I2} に略一致していることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項6】 前記第1の部分の電極指の周期が第2の部分の電極指の周期と異ならされているIDTにおいて、第1の部分の電極指と、第2の部分の電極指とが隣合う箇所における電極指中心間距離が0.25 λ_{I1} +0.25 λ_{I2} に略一致していることを特徴とする、請求項1～5のいずれかに記載の縦結合共

振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項7】 第1，第2の部分を有するIDTと、該IDTに隣接するIDTとの隣合う電極指の極性が異なることを特徴とする、請求項1～6のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項8】 隣合う一対のIDTの隣合っている部分の両側において、第1の部分の電極指の合計の本数が18本以下である、請求項1～7のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項9】 隣り合う一対のIDTの、周期を異ならせていない電極指同士の中心間距離を、 $(0.08 + 0.5n)\lambda_{I2}$ ～ $(0.24 + 0.5n)\lambda_{I2}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$)としたことを特徴とする、請求項1～8のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項10】 隣り合う一対のIDTの、周期を異ならせていない電極指同士の中心間距離を、 $(0.13 + 0.5n)\lambda_{I2}$ ～ $(0.23 + 0.5n)\lambda_{I2}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$)としたことを特徴とする、請求項1～9のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項11】 表面波伝搬方向において隣合う一対のIDTの双方が、前記第1，第2の部分を有し、双方のIDTにおける第1の部分の電極指の本数が異なることを特徴とする、請求項1～10のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項12】 前記圧電基板が、LiTaO₃ 単結晶をX軸を中心にY軸方向に36～44度の範囲で回転させたものである、請求項1～11のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項13】 前記第1の部分の電極指の膜厚が、第2の部分の電極指の膜厚と異なる、請求項1～12のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項14】 前記第1の部分の電極指の膜厚が、前記第2の部分の電極指の膜厚よりも薄くされている、請求項13に記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項15】 前記第1の部分の電極指がスプリット電極により構成され

ている、請求項1～14のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項16】 請求項1～15のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタが、少なくとも2段縦続接続されていることを特徴とする、縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項17】 前記複数段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの少なくとも1つの段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタにおける第1の部分の電極指の周期が、他の段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタにおける前記第1の部分の電極指の周期と異ならされている、請求項16に記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項18】 複数段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの各段において、前記第1の部分の電極指の周期が異なっている、請求項17に記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項19】 少なくとも1つの直列共振子及び／または並列共振子が入力側及び／または出力側に接続されている、請求項1～18のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項20】 平衡－不平衡入出力を有するように構成されている、請求項1～19のいずれかに記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項21】 平衡－平衡入出力を有するように構成されている、請求項1～19に記載の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ。

【請求項22】 請求項1～21のいずれかに記載の縦結合共振子弹性表面波フィルタを帯域フィルタとして備える、通信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、縦結合共振子型弹性表面波フィルタに関し、特に、3個以上のIDT（インターデジタルトランスデューサ）を有する縦結合共振子型弹性表面波フィルタに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、携帯電話機のRF段のバンドパスフィルタとして、弹性表面波フィルタが広く用いられている。バンドパスフィルタでは、低損失、高減衰量及び広帯域であることなどが求められ、弹性表面波フィルタにおいても、これらの要求を満たすために種々の提案がなされている。

【0003】

特開平5-267990号公報には、縦結合共振子型弹性表面波フィルタにおいて広帯域化を図る方法の一例が開示されている。ここでは、隣合うIDT間ににおける電極指が周期的に並ぶ条件、より具体的には、弹性表面波伝搬方向に隣合う2個のIDTの隣接する電極指中心間距離を、電極指の周期で決まる波長の0.5倍からずらすことにより、共振モードを最適に配置する方法が採用されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記先行技術のように、隣合うIDTにおいて、隣合う電極指の中心間距離を、電極指の周期で決まる波長の0.5倍からずらすと、その部分において弹性表面波伝搬路の周期的な連続性が悪化する。特に、漏洩弹性表面波（リーキー波）を用いる36°YカットX伝搬LiTaO₃や64°YカットX伝搬LiNbO₃などの圧電基板を用いた場合には、バルク波の放射による損失が増加することとなる。その結果、広帯域化を図ることは可能であっても、挿入損失が大きくなるという問題があった。

【0005】

本発明の目的は、上述した先行技術の問題点を解消し、広帯域化を図り得るだけでなく、通過帯域内における挿入損失を小さくし得る縦結合共振子型弹性表面波フィルタを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明の広い局面によれば、圧電基板と、前記圧電基板上において弹性表面波伝搬方向に沿って形成されており、それぞれ複数本の電極指を有する少なくとも

3つのIDTとを備え、少なくとも1つのIDTにおける、表面波伝搬方向に隣接している他のIDT側端部から一部分である第1の部分の電極指の周期が、該IDTの残りの部分である第2の部分の電極指の周期と異なっており、第1、第2の部分の電極指の周期で決まる表面波の波長が、それぞれ λ_{I1} 、 λ_{I2} である縦結合共振子型弹性表面波フィルタが提供される。

【0007】

本発明のある特定の局面では、第1の部分の電極指の周期が、第2の部分の電極指の周期よりも小さくされている。

本発明のより限定的な局面では、第1の部分の電極指の周期が、第2の部分の電極指の周期の0.82～0.99倍である。

【0008】

本発明の別の特定の局面では、隣合う一対のIDTの双方が、第1の部分の電極指の周期が第2の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、前記一対のIDTの隣合う電極指中心間距離が、 $0.5\lambda_{I1}$ と略一致されている。

【0009】

本発明の他の特定の局面では、隣合う一対のIDTの一方のみが、第1の部分の電極指の周期が、第2の部分の電極指の周期と異なるように構成されており、前記一対のIDTの隣合う電極指中心間距離が、 $0.25\lambda_{I1} + 0.25\lambda_{I2}$ に略一致されている。

【0010】

本発明のさらに他の特定の局面では、第1の部分の電極指の周期が第2の部分の電極指の周期と異ならされているIDTにおいて、第1の部分の電極指と、第2の部分の電極指とが隣合う箇所における電極指中心間距離が $0.25\lambda_{I1} + 0.25\lambda_{I2}$ に略一致されている。

【0011】

本発明のさらに別の特定の局面では、第1、第2の部分を有するIDTと、該IDTに隣接するIDTとの隣合う電極指の極性が異ならされている。

本発明の別の特定の局面では、隣合う一対のIDTの隣合っている部分の両側において、第1の部分の電極指の合計の本数が18本以下とされている。

【0012】

本発明のさらに別の特定の局面では、隣り合う一対のIDTの、周期を異ならせていない電極指同士の中心間距離を、 $(0.08 + 0.5n)\lambda_{I2}$ ～ $(0.24 + 0.5n)\lambda_{I2}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) とされている。

【0013】

本発明のさらに別の特定の局面では、隣り合う一対のIDTの、周期を異ならせていない電極指同士の中心間距離を、 $(0.13 + 0.5n)\lambda_{I2}$ ～ $(0.23 + 0.5n)\lambda_{I2}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) とされている。

【0014】

本発明のさらに別の特定の局面では、表面波伝搬方向において隣合う一対のIDTの双方が、上記第1、第2の部分を有し、双方のIDTにおける第1の部分の電極指の本数が異なるように構成されている。

【0015】

本発明においては、上記圧電基板を構成する圧電材料は特に限定されるわけではないが、好ましくは、 LiTaO_3 単結晶をX軸を中心にY軸方向に36～44度の範囲で回転させたものが用いられる。

【0016】

本発明の他の特定の局面では、前記第1の部分の電極指の膜厚が、第2の部分の電極指の膜厚と異なるように構成されている。この場合、好ましくは、前記第1の部分の電極指の膜厚が、前記第2の部分の電極指の膜厚よりも薄くされている。

【0017】

また、本発明のさらに他の特定の局面では、前記第1の部分の電極指がスプリット電極により構成されている。

本発明のさらに他の特定の局面では、本発明に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタが少なくとも2段縦続接続される。好ましくは、前記複数段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの少なくとも1つの段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタにおける第1の部分の電極指の周期が、他の段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタにおける前記第1の部分の電極指の周期と異ならされる。

【0018】

また、本発明のより限定的な局面では、上記複数段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの各段において、前記第1の部分の電極指の周期が異なっている。

本発明のさらに他の特定の局面では、少なくとも1つの直列共振子及び／または並列共振子が入力側及び／または出力側に接続されている。

【0019】

本発明に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタは、平衡－不平衡入出力を有するように構成されてもよく、平衡－平衡入出力を有するように構成されていてもよい。

本発明に係る通信機は、本発明に従って構成された縦結合共振子型弹性表面波フィルタを帯域フィルタとして備える。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の具体的な実施例を説明することにより、本発明をより詳細に説明する。

【0021】

図1は、本発明の第1の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタを説明するための略図的平面図である。なお、本実施例及び以下の実施例では、EGSM方式の携帯電話の受信用バンドパスフィルタに適用されるものである。もっとも、本発明に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタは、他の方程式の携帯電話機や、携帯電話機以外の他の通信機器におけるバンドパスフィルタとしても用いることができる。

【0022】

本実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ1は、圧電基板2上に、図1に略図的平面図で示されている電極構造を形成することにより構成されている。圧電基板2は、36°YカットX伝搬LiTaO₃基板を用いて構成されている。もっとも、圧電基板2は、他の結晶方位のLiTaO₃基板を用いて構成してもよく、あるいはLiTaO₃基板以外の他の圧電材料、例えばLiNbO₃基板や水晶などの圧電単結晶、あるいは圧電セラミックスを用いて構成してもよい。

さらに、圧電基板2は、絶縁基板上にZnO薄膜などの圧電薄膜を形成することにより構成されていてもよい。

【0023】

本実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ1では、圧電基板2上にA1により以下に詳述する電極構造が形成されている。もっとも、電極材料としては、A1以外の金属もしくは合金を用いてもよい。

【0024】

本実施例では、第1、第2の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ11、12が縦続接続されている。すなわち、2つの縦結合共振子型弹性表面波フィルタ11、12が2段縦続接続されている。

【0025】

弹性表面波フィルタ11、12は、いずれも、表面波伝搬方向に沿って配置された3個のIDTを有する。すなわち、これらの弹性表面波フィルタ11、12は、3IDTタイプの縦結合共振子型弹性表面波フィルタである。また、弹性表面波フィルタ11、12の電極設計は同一とされている。

【0026】

弹性表面波フィルタ11は、IDT13～15を有する。そして、IDT13～15が形成されている部分の表面波伝搬方向両側にグレーティング型の反射器16、17が配置されている。同様に、弹性表面波フィルタ12も、3個のIDT18～20及びIDT18～20が形成されている領域の表面波伝搬方向両側に配置されたグレーティング型反射器21、22とを有する。

【0027】

本実施例では、弹性表面波フィルタ11の中央に配置されたIDT14の一端が入力端とされており、弹性表面波フィルタ12の中央に配置されているIDT19が出力端とされている。また、IDT13、15の一端が、それぞれ、IDT18、20の一端に接続されている。入出力端あるいはIDT相互に接続されている端部とは逆側の各IDT13～15、18～20の端部は図1から明らかなように、アース電位に接続されている。

【0028】

本実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ1の特徴は、弹性表面波フィルタ11，12において、隣合うIDT間の両側において、IDTの一部の電極指ピッチが、該IDTの残りの部分の電極指ピッチよりも狭められていることがある。これを、IDT13，14間を例にとり、より具体的に説明する。

【0029】

IDT13とIDT14とは、表面波伝搬方向において隣合っている。IDT13のIDT14側の端部から数本の電極指13a，13b間の電極指ピッチが、残りの電極指13c，13d，13e，13f，13g間の電極指ピッチよりも狭められている。同様に、IDT14においても、IDT13側の端部の数本の電極指14a，14b間の電極指ピッチが、電極指14c，14d，14e，14f，14g間の電極指ピッチよりも狭められている。なお、IDT13において、上記のようにIDT14側端部から複数本の電極指13a，13b間の電極指ピッチが狭められている部分を第1の部分とし、残りの電極指13c～13gが配置されている部分を第2の部分とする。このように、本実施例の弹性表面波フィルタ1では、各IDTが、隣接するIDT側端部から複数本の電極指のピッチが、残りの電極指のピッチよりも狭められている。

【0030】

なお、中央に配置されているIDT14においては、第1の部分は表面波伝搬方向両側に配置されている。すなわち、上述した電極指14a，14bが設けられている部分だけでなく、IDT15側の端部の複数本の電極指14h，14iが配置されている部分においても電極指ピッチが狭められており、従って、電極指14h，14iが設けられている部分も第1の部分となる。

【0031】

IDT15においても、IDT14側に、IDT13と同様に第1の部分が構成されており、第1の部分以外が第2の部分を構成している。また、弹性表面波フィルタ12側のIDT18～20についても、IDT13～15と同様に構成されている。

【0032】

なお、図1及び後述の変形例や他の実施例の電極構造を示す各図においては、

実際の電極指の数よりも、図示を容易とするため電極指の数は少なく図示されている。

【0033】

次に、本実施例の弾性表面波フィルタ1の電極構造の詳細をより具体的に説明する。

いま、上記第1の部分の電極指ピッチで定められる表面波の波長を λ_{I1} 、第2の部分の電極指ピッチで定められる表面波の波長を λ_{I2} とする。

【0034】

IDT13～18の電極指交差幅は、いずれも $35.8\lambda_{I2}$ であり、電極膜厚は $0.08\lambda_{I2}$ である。

また、IDT13～15の電極指の本数は以下のとおりである。

【0035】

IDT13…電極指の本数29本、但し、第1の部分の電極指の本数は4本、第2の部分の電極指の本数が25本。

IDT14…電極指の本数33本、但し両側の第1の部分は、それぞれ電極指の本数が4本であり、中央の第2の部分の電極指の本数は $33 - 8 = 25$ 本である。

【0036】

IDT15…電極指の本数は29本であり、第1の部分の電極指の本数が4本、第2の部分の電極指の本数が25本。

IDTの波長を示す上記 λ_{I1} は、 $3.90\mu m$ 、 λ_{I2} は $4.19\mu m$ である。

【0037】

反射器16、17の電極指の本数は100本であり、波長 λ_R は $4.29\mu m$ である。

また、第1の部分と第2の部分との間隔は、図1のIDT13を例にとると、電極指13cの中心と電極指13bの中心との間の間隔となり、この間隔が、 $0.25\lambda_{I1} + 0.25\lambda_{I2}$ である。他のIDTにおける第1の部分と第2の部分との間の間隔も同じ大きさとされている。さらに、隣合うIDT間の間隔、

例えばIDT14とIDT15との隣合う電極指14i, 15a間の中心間距離は、 $0.50\lambda_{I1}$ とされている。

【0038】

さらに、IDT13, 15と、反射器16, 17とのそれぞれの間隔、すなわちIDTの外側端部と反射器の内側端との間の相互の電極指中心間距離は $0.50\lambda_R$ である。

【0039】

また、各IDT13～15のデューティーは 0.73 、反射器のデューティーは 0.55 である。なお、ここでデューティーとは、（電極指の幅+電極指間の間隔）に対する、電極指の幅の割合を示す。

【0040】

なお、表面波フィルタ12の各IDT18～20及び反射器21, 22についても、IDT13～15及び反射器16, 17と全く同様に構成されている。

本実施例は、第1, 第2の部分の間の間隔及び隣合うIDT間の間隔が上記のように設計されていることに特徴を有する。なお、後程より詳細に説明するが、これらの間隔は、その周囲のIDTの波長の 0.50 倍、また、間隔の両側で波長が異なる場合には、これらの波長の 0.25 倍を加えた間隔にしておくことが、IDTの連続性を保つ上で好ましい。

【0041】

比較のために、従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタを用意した。この従来の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの電極構造を図2に示す。図2から明らかなように、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ201は、縦結合共振子型弾性表面波フィルタ1のような2種の間隔が設けられておらず、全ての電極指間の間隔が等しいことを除いては、同様に構成されている。従って、同一部分については、上記実施例の縦結合共振子型弾性表面波フィルタの各部分を示す参照番号に200えた参照番号を付することにより、その詳細な説明は省略する。この比較のために用意した弾性表面波フィルタ201では、電極構造の詳細は以下のとおりとした。

【0042】

すなわち、IDT 213～215, 218～220の交差幅Wは $4.3 \cdot 2\lambda_I$ とした。また、IDTの電極指の本数は、以下のとおりとした。

IDT 213, 215, 218, 220…25本。IDT 214, 219…31本。

【0043】

IDTの波長 λ_I は、 $4.17 \mu m$ 、反射器の波長 λ_R は $4.29 \mu m$ 。反射器の電極指の本数は、それぞれ100本とした。

また、隣合うIDT-IDT間の電極指中心間距離は $0.32\lambda_I$ とし、反射器と反射器に隣接するIDTとの電極指中心間距離は $0.50\lambda_R$ とした。さらに、IDTのデューティー及び反射器のデューティーは実施例と同様とし、電極膜厚については $0.08\lambda_I$ とした。

【0044】

上記のようにして用意された実施例及び従来例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性を測定した。結果を図3に示す。図3の実線が実施例の結果を、破線が従来例の結果を示す。また、破線及び実線で示される各振幅特性の要部を、縦軸の右側のスケールで拡大した特性を併せて示す。

【0045】

図3から明らかなように、本実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ1では、従来例に比べて、通過帯域内の挿入損失を大幅に改善し得ることがわかる。例えば、通過帯域内の最小挿入損失は、従来例では約 $2.3 dB$ であるのに対し、本実施例では、約 $1.7 dB$ であり、約 $0.6 dB$ 改善していることがわかる。

【0046】

また、従来例では、スルーレベルから $4.5 dB$ の減衰量の帯域幅は約 $4.4 MHz$ であったのに対し、実施例では、スルーレベルから $3.9 dB$ の減衰量で同じ帯域幅が得られている。すなわち、通過帯域全体で比べた場合、実施例によれば、従来例に比べて約 $0.6 dB$ だけ、挿入損失が改善される。

【0047】

本実施例において、上記のように挿入損失を改善し得た理由は、以下のとおり

である。

従来の3IDTタイプの縦結合共振子型弾性表面波フィルタの設計では、隣合うIDT間の電極指中心間距離は $0.25\lambda_I$ 前後とされていた。これは、インピーダンスを 50Ω から 500Ω に変更することにより明らかにされている図4の従来例の弾性表面波フィルタの周波数特性における矢印A～Cで示されるピークを有する3つの共振モードを利用して通過帯域を形成するためである。すなわち、図5に示す電極構造において、下方に略図的に示されている0次モード（図4の矢印B）及び2次モード（図4の矢印A）の他に、IDT-IDT間隔部分に弾性表面波の強度分布のピークを持つ共振モード（図4の矢印C）も利用することにより、通過帯域が形成されていた。

【0048】

しかしながら、IDT-IDT間の間隔が $0.25\lambda_I$ とされているので、表面波伝搬路中に不連続部分が発生することとなっていた。不連続部分ではバルク波として放射する成分が多くなるため、伝搬損失が大きくなるという問題が生じる。

【0049】

従って、上記伝搬損失を小さくするには、IDT-IDT間の間隔を $0.50\lambda_I$ とし、不連続部分をなくせばよいと考えられる。しかしながら、IDT-IDT間の間隔を $0.50\lambda_I$ とした場合には、上記のような3つのモードを利用することができなくなり、広帯域化を図ることはできないという問題が生じる。

【0050】

本実施例は、上記2つの問題を解決するために、隣合うIDTにおいて、上記第1、第2の部分を設け、すなわち電極指ピッチをIDT内で部分的に変更することにより、3つの共振モードを利用して通過帯域を形成すると共に、IDT-IDT間の間隔を該間隔の両側のIDTの波長の約0.50倍とすることにより、バルク波として放射される損失を低減したことに特徴を有する。

【0051】

また、一般に、伝搬路中を伝搬している表面波の波長に対し、電極指の周期が小さい場合には、弾性表面波そのものの伝搬損失が小さくなる。従って、上記の

ように、第1の部分では、第2の部分に比べて電極指ピッチが小さくされているので、それによっても弹性表面波の伝搬損失が低減される。

【0052】

従って、図3に示したように、広帯域化が図られた従来例と同様の通過帯域幅を有するにもかかわらず、通過帯域内の挿入損失を従来例に比べて著しく小さくすることができる。

【0053】

本願発明者は、上記第1の部分における電極指ピッチを、第2の部分に対してどの程度小さくすれば、より良好な結果を得られるかを検討した。

すなわち、図1に示した実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの第1の部分における電極指ピッチを種々異ならせ、それによって伝搬損失がどのように変化するかを調べた。図6に結果を示す。

【0054】

図6の横軸は第1の部分の電極指ピッチの第2の部分の電極指ピッチに対する比（これを狭ピッチ電極指のピッチ比とする）を示し、縦軸は伝搬損失を示す。

なお、図6における伝搬損失とは、通過帯域内の挿入損失からインピーダンスの不整合による損失及び電極指の抵抗分によるオーミック損失を差し引いた値である。

【0055】

なお、図6の結果を得るにあたっては、電極指ピッチが狭い電極指の本数を8本、12本及び18本と異ならせた場合の結果を示す。ここで、電極指ピッチが狭い電極指の本数とは、IDT13～15を例にとると、IDT13の第1の部分の電極指の本数（図1では2本が図示されている）と、IDT14のIDT13側の第1の部分の狭ピッチの電極指の本数（図1では2本）の合計をいうものとし、この場合図1では4本が図示されているが、上記のように8本、12本あるいは18本とした。

【0056】

同様に、IDT15と、IDT14とが隣合う部分では、電極指ピッチの狭い電極指の本数の合計は、図1では4本と図示されているが、これについても、上

記のように8本、12本及び18本とした。すなわち、図1は、上記電極指ピッチが狭い電極指の本数が4本である設計を図示していることになる。以下の説明において、「狭ピッチ電極指の本数」とは、上記のようにして定義された値であることを意味する。

【0057】

図6から明らかなように、狭ピッチ電極指のピッチ比が0.95付近において、どの狭ピッチ電極指の本数の場合にも、伝搬損失が最も小さくなることがわかる。この伝搬損失の改善分は、バルク波として放射する損失が低減した分と、電極指ピッチを小さくしたことによる弾性表面波の伝搬損失が低減した分との合計と考えられる。

【0058】

すなわち、帯域内挿入損失を小さくするには、上記狭ピッチ電極指のピッチ比をこの程度の値にするのが好ましいことがわかる。

次に、従来例に対して伝搬損失が小さくなる範囲を確かめた。従来法における設計では、伝搬損失が約1.9dBであった。これに対して、後程説明するが、本実施例では、狭ピッチ電極指の本数は18本以下にすることが好ましい。

【0059】

図6から明らかなように、伝搬損失の低減効果が見られる範囲は、狭ピッチ電極指のピッチ比が0.83～0.99の範囲であることがわかる。もっとも、狭ピッチ電極指のピッチ比が0.83未満でも、条件によっては伝搬損失が小さくなっているが、電極の加工精度に制約があることを考えれば、0.83～0.99付近が好ましいことがわかる。

【0060】

次に、狭ピッチ電極指の本数の好ましい範囲を確認した。図7は、狭ピッチ電極指の本数を、8本及び12本としたときの、それぞれにおける通過帯域内のインピーダンス整合を図るように、各設計パラメータを調整した場合の反射特性を示す。図7(a)が、狭ピッチ電極指の本数が8本の場合を示し、図7(b)が狭ピッチ電極指の本数が12本の場合を示す。

【0061】

狭ピッチ電極指の本数を多くすると、インピーダンスの集中度が悪くなる傾向があり、すなわちVSWRや帯域内偏差が悪化する傾向がある。また、帯域内偏差が悪化することで、通過帯域幅が狭くなる傾向にある。そこで、上記実施例の設計を基本とし、狭ピッチ電極指の本数を変化させた場合のVSWRと通過帯域幅の変化を測定した。その結果を図8及び図32に示す。

【0062】

なお、図8におけるVSWRの値、また図32における通過帯域幅の値は、それぞれの狭ピッチ電極指の本数において、通過帯域内のインピーダンス整合を図るよう、交差幅及び狭ピッチ電極指におけるピッチなどを変化させた場合の値である。一般に、VSWRの値は2.5以下とすることが望ましく、また通過帯域幅は、温度による特性の変化や特性バラツキ等を考慮すると、EGSM方式では42MHz以上であることが望ましい。

【0063】

図8において、VSWRが2.5以下である範囲は、狭ピッチ電極指の本数が18本以下である。また、図32から明らかなように、通過帯域幅が42MHz以上である狭ピッチ電極指の本数も18本以下である。すなわち、狭ピッチ電極指の本数を18本以下とすることが好ましく、それによってインピーダンスの集中度が高くなり、VSWRや帯域内偏差が小さく、また十分な通過帯域幅を持つ縦結合共振子型弾性表面波フィルタが得られることがわかる。

【0064】

次に隣り合うIDT間の間隔を、実施例から変更した場合の伝搬損失の変化を調査した。その結果を図33に示す。図33は、隣り合うIDT間の間隔、例えば図1におけるIDT14とIDT15との隣り合う電極指14i、15a間の中心間距離は実施例では $0.50\lambda_{I1}$ とされているが、この $0.50\lambda_{I1}$ を0として、そこからの中心間距離の変化に対する伝搬損失の変化をプロットしたものである。図33において、隣り合うIDT間の中心間距離を変化させると、伝搬損失が悪化している。つまり、低損失なフィルタを得るために、隣り合うIDT間の中心間距離は、 $0.50\lambda_{I1}$ であることが望ましいことがわかる。同様に、ピッチが異なる第1の部分と第2の部分との間隔は、実施例にあるよう

に $0.25\lambda_1 + 0.25\lambda_2$ であることが、低損失なフィルタを得るためには望ましい。

【0065】

次に、ピッチを小さくしていない電極指同士の中心間距離、図1で説明すると、例えば電極指 $13c$ と $14c$ の中心間距離は、どの程度が望ましいかを調査した。その結果を図34に示す。図34は、本発明の構成において、EGSM方式だけではなく、DCS方式、PCS方式等、様々な用途に対しフィルタを最適な特性となるように設計した場合の、ピッチを小さくしていない電極指同士の中心間距離を調査した結果である。これらの設計はすべて、それぞれの方式における必要帯域幅を有し、かつVSWRが2.5以下となる様に設計したものである。横軸は、ピッチを小さくしていない電極指同士の中心間距離を、ピッチを小さくしていない電極指の波長比であらわした値であるが、この値は、それぞれの場合の中心間距離から、 $0.5n$ ($n = 1, 2, 3 \dots$) の値を引いて、すべての値が $0.0 \sim 0.5$ の範囲となるようにした値である。例えば、波長比で4.73であったとすると、図34では0.23としてプロットしている。

【0066】

図34において、ピッチを小さくしていない電極指同士の中心間距離は、約 $0.13 \sim 0.23$ に集中しており、さらにすべての場合において、 $0.08 \sim 0.24$ の範囲に入っている。図2のような従来技術においては、この中心間距離は約 $0.25 \sim 0.30$ であることが望ましかったが、本発明の場合は $0.08 \sim 0.24$ 、望ましくは $0.13 \sim 0.23$ の範囲がよいことがわかる。

【0067】

なお、本実施例では、 36° YカットX伝搬 LiTaO_3 基板を用いたが、他の結晶方位の LiTaO_3 基板や LiNbO_3 基板などを用いてもよく、例えば、 $36 \sim 44^\circ$ YカットX伝搬 LiTaO_3 基板、 $64 \sim 72^\circ$ YカットX伝搬 LiNbO_3 基板、 41° YカットX伝搬 LiNbO_3 基板などのリーキー波を用いる圧電基板において特に大きな効果を得ることができる。

【0068】

また、本実施例では、3IDT型縦結合共振子型弹性表面波フィルタが2段縦

続接続されていたが、図9に示すように、1段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ31においても、本実施例と同様に構成することにより、本発明の効果を得ることができる。さらに、3個のIDTを有するものに限定されず、例えば図10に示す縦結合共振子型弹性表面波フィルタ32のように、5個のIDT33～37を有するものにも、本発明を適用することにより、本発明の効果を得ることができる。

【0069】

すなわち、本発明においては、縦結合共振子型弹性表面波フィルタにおけるIDTの数は、3個に限らず、5個以上であってもよく、並びに、縦結合共振子型弹性表面波フィルタは複数段構成を有するものに限定されない。

【0070】

(第2の実施例)

図11は、本発明の第2の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。

【0071】

第2の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ41は、表面波伝搬方向中央に配置されたIDT14, 19が反転されていることを除いては、第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ1と全く同様に構成されている。

【0072】

すなわち、第1の実施例では、隣合うIDTの隣合う電極指はアース電位に接続されていたのに対し、第2の実施例では、IDT14, 19の最外側の電極指がアース電位ではなく、入出力端に接続されている。従って、隣合うIDT間ににおいて、シグナル電極である電極指と外側のIDTのアース電位に接続される電極指とが隣合っていることになる。

【0073】

より具体的には、図11において、IDT13, 15のIDT14側端部の電極指13a, 15aがアース電位に接続されているのに対し、電極指13a, 15aと隣合っているIDT14の電極指14a, 14iが入力端に接続されている。すなわち、隣合うIDTにおいて、隣合う電極指の極性が反転されている

。弹性表面波フィルタ12においても同様に構成されている。

【0074】

従って、第2の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタは、隣合うIDT間の隣合う電極指の極性が反転されている縦結合共振子型弹性表面波フィルタを2段縦続接続した構成を有する。

【0075】

図12に、第2の実施例の弹性表面波フィルタ41と、第1の実施例の弹性表面波フィルタ1の共振モードの違いを示す。ここでは、入出力インピーダンスを50Ωから500Ωに変えて共振モードを確認した結果が示されている。

【0076】

図12において、実線が第2の実施例の結果を、破線が第1の実施例についての結果を示す。

図12のDは、IDT-IDT間に弹性表面波の強度分布のピークを有する定在波の共振モードを示し、Eが0次モード、Gが2次モードであり、Fは2段縦続接続により発生したモードである。

【0077】

第1の実施例と第2の実施例の大きな相違点は、第2の実施例においては、矢印Dで示す共振モードのレベルが大きくなっていることである。

第1の実施例では、隣合うIDT同士の隣合う電極指がアース電位に接続されているので、IDT-IDT間の弹性表面波を電気信号に変換することができない。その結果、IDT-IDT間隔部に強度のピークを有する共振モードDの電気信号への変換効率が低下する。

【0078】

これに対して、第2の実施例では、隣合うIDT同士の隣接する電極指の極性が反転されているので、IDT-IDT間隔部でも弹性表面波が電気信号に変換される。従って、上記共振モードDの電気信号への変換効率が高められる。

【0079】

図13は、第2の実施例及び第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性及び縦軸の挿入損失を右側のスケールで拡大した各振幅特性を示す

。なお、図13の第2の実施例（実線）の振幅特性は、モードの周波数、及びレベルが変化した分によるインピーダンスのずれを補正するために、第1の実施例における設計条件から、交差幅を33.4λ/2、狭ピッチ電極指の波長を3.88μmに変更することにより得られたものである。

【0080】

図13から明らかなように、第2の実施例によれば、第1の実施例（破線）に比べて、さらに通過帯域内の挿入損失を改善することができ、通過帯域幅も広くなっていることがわかる。従って、隣合うIDT間の隣合う電極指の極性を反転させることができが好ましく、それによって、より一層挿入損失が小さくかつ通過帯域幅の広い縦結合共振子型弹性表面波フィルタを提供することができる。

【0081】

なお、第2の実施例の効果は、2段縦続接続した縦結合共振子型弹性表面波フィルタ11, 12の一方のみにおいて、上記のようにIDT間の隣合う電極指の極性を反転させた場合においても得ることができる。

【0082】

（第3の実施例）

図14は、本発明の第3の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。

【0083】

第3の実施例の弹性表面波フィルタ51では、第1の実施例と、狭ピッチ電極指の本数は異なるが、IDT13の第1の部分の狭ピッチ電極指の本数と、IDT14のIDT13側の第1の部分の狭ピッチ電極指の本数が異なるように構成されており、かつIDT15の第1の部分の狭ピッチ電極指の本数と、IDT14のIDT15側の第1の部分の狭ピッチ電極指の本数が異なるように構成されている。その他の点については、第1の実施例と同様に構成されているので、同一部分については、同一の参照番号を付することにより、第1の実施例の説明を援用することとする。第1の実施例と異なる点をより具体的に説明する。本実施例では、弹性表面波フィルタ12のIDT13～15の電極指の本数は以下のとおりである。

【0084】

I D T 1 3 … 3 0 本、但し第1の部分の電極指の本数が5本、第2の部分の電極指の本数が25本。

I D T 1 4 … 電極指の本数33本、但し、両側の第1の部分は、それぞれ狭ピッチ電極指を3本有し、中央の第2の部分は27本の電極指を有する。

【0085】

I D T 1 5 … 3 0 本、但し第1の部分の電極指の本数は5本、第2の部分の電極指の本数は25本。

また、本実施例においても、弹性表面波フィルタ11，12は同様に構成されている。なお、図14では、図示を簡略化するために、電極指の本数は減らされて図示されている。すなわち、図14では、I D T 1 4においては、狭ピッチ電極指は左右1本づつ設けられており、かつI D T 1 3，15の第1の部分では、狭ピッチ電極指の数は3本であるかのように図示されている。

【0086】

本実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ51の反射特性を図15（b）に示す。また、比較のために、第1の実施例の弹性表面波フィルタにおける反射特性を図15（c）に示す。

【0087】

第3の実施例では、隣合うI D T間の両側の第1の部分の狭ピッチ電極指の本数が異なるように構成されており、さらにインピーダンスを 50Ω に整合するために、電極指交差幅は $47.7\lambda_{I2}$ とされている。

【0088】

図15から明らかなように、第3の実施例では、第1の実施例に比べてインピーダンス集中度が悪化していることがわかる。

また、逆にI D T 1 4の狭ピッチ電極指の本数を、増加させた場合の反射特性を図15（a）に示す。この場合の変更点は、第3の実施例において、I D T 1 3，15，18，20の電極指の総本数が28本、第1の部分の電極指の本数が3本、第2の部分の電極指の本数が25本、中央に配置されるI D T 1 4，19の電極指の総本数を37本とし、両側の第1の部分の電極指の本数をそれぞれ5

本とし、中央の第2の部分の電極指の本数を27本とされていること、並びに交差幅が $28.6\lambda/2$ とされていることがある。図15(a)から明らかなように、この場合には、インピーダンス集中度は、第1の実施例に比べて高められるが、インピーダンスが全体的に容量性になることがわかる。

【0089】

第3の実施例及び図15(b)に示した反射特性を有する変形例では、EGSM方式の受信段の帯域フィルタには必ずしも好適なものではないが、他の用途では上記第3の実施例及び変形例が有効であることがある。例えば、図15(b)に示すように、インピーダンス集中度が悪化した場合、VSWRが悪化する傾向が見られるが、通過帯域幅は広がる傾向にある。

【0090】

すなわち、図16(a)及び(b)の実線は、上記第3の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性及びVSWR特性を示す図である。比較のために、図16(a)及び(b)に、破線により、第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ11の振幅特性及びVSWR特性を示す。

【0091】

図16から明らかなように、第3の実施例によれば、第1の実施例の場合に比べて、VSWRは約0.2悪化しているが、スルーレベルから4dBにおける通過帯域幅は約1.5MHz広がっていることがわかる。この場合、通過帯域内の挿入損失レベルはほとんど変わっておらず、従って低損失を維持したまま広帯域化し得ることがわかる。

【0092】

すなわち、第3の実施例によれば、VSWRが多少悪化したとしても、通過帯域内における損失の低減及び通過帯域幅の拡大が要求される用途に好適な縦結合共振子型弹性表面波フィルタを提供し得ることがわかる。

【0093】

次に、図15(a)に示したように、インピーダンス集中度は良好であるが、インピーダンスが容量性となった場合に有効な例を説明する。

図17(a)及び(b)は、上記変形例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ

の振幅特性及びVSWR特性を実線で示す。比較のために、破線により第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性及びVSWR特性を示す。なお、図17の結果を得た変形例では、電極指交差幅は $31.0\lambda_{12}$ とし、IDT13, 15, 18, 20の電極指の総本数は28本、第1の部分の電極指の本数が3本、第2の部分の電極指の本数が25本であり、中央のIDT14, 19の電極指の総本数は47本、該IDT14, 19の両側の第1の部分の電極指の本数は各5本、中央の第2の部分の電極指の本数は37本とした。また、IDTの波長 λ_{11} は $3.88\mu m$ である。その他の点については第1の実施例と同様とした。

【0094】

図17から明らかなように、上記変形例では、第1の実施例の弹性表面波フィルタ11に比べて、スルーレベルから4dBにおける通過帯域幅が約3.5MHz狭くなっているが、VSWRは約0.7だけ改善している。この場合、通過帯域内の挿入損失レベルはほとんど変わっておらず、従って低損失を維持したまま、VSWRが改善される。すなわち、通過帯域幅が狭くとも、通過帯域内の損失の低減及びVSWRの低減が要求される用途に有効な縦結合共振子型弹性表面波フィルタを提供し得ることがわかる。

【0095】

上記のように、第3の実施例のように、第1の部分の電極指、すなわち狭ピッチ電極指の本数のバランスを変えることにより、通過帯域内の挿入損失の低減を図ったまま、様々な用途に応じたバンドパスフィルタを容易に提供し得ることがわかる。

【0096】

(第4の実施例)

図18(a)及び(b)は、第4の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタを説明するための模式的平面図及び電極指と交差する方向に沿う模式的断面図である。図18(b)は、図18(a)の一点鎖線X-X間の模式的断面図である。図18(a)に示す電極構造は、図1に示した第1の実施例と全く同様である。

【0097】

従って、同一部分については、同一の参照番号を付することとする。本実施例の特徴は、図18(b)に明瞭に表れている。すなわち、IDT19, 20及び反射器22が設けられている部分を代表して示すように、狭ピッチ電極指の膜厚が、他の電極指や反射器の電極の膜厚よりも薄くされている。すなわち、図18(b)に示すように、IDT19のIDT20側の第1の部分の電極指19f, 19g及びIDT20のIDT19側の第1の部分の電極指20a, 20bの膜厚が、残りの電極指や反射器22の電極指の膜厚よりも薄くされている。同様に、図18(a)に示す隣合うIDT間の部分においても、両側の狭ピッチ電極指の膜厚は、残りの電極指の膜厚よりも薄くされている。より具体的には、本実施例では、狭ピッチ電極指の電極の膜厚が、 $0.06\lambda_{I2}$ とされており、残りの電極指の膜厚は $0.08\lambda_{I2}$ とされている。

【0098】

また、本実施例では、狭ピッチ電極指の膜厚を薄くしたため、第1の実施例と、電極指交差幅が $38.2\lambda_{I2}$ 及び $\lambda_{I1}=3.93\mu m$ となるように設計が変更されている。その他の点については第1の実施例と同様である。

【0099】

第4の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性を図19に実線で示す。比較のために、第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ11の振幅特性を破線で示す。

【0100】

図19から明らかなように、第1の実施例に比べて、第4の実施例によれば、通過帯域内における挿入損失がさらに改善される。一般に、リーキー波を用いる弹性表面波フィルタでは、A1からなる電極の膜厚を薄くすることにより、バルク波の放射による損失が小さくなる傾向がある。しかしながら、電極の膜厚を薄くすると、電気機械結合係数が小さくなることと、及び反射器のストップバンド幅が狭くなることなどにより、広帯域化を図れないという問題があった。

【0101】

第4の実施例では、この問題を解決するために、バルク波の放射が最も生じ易

いIDT-IDT間、すなわち狭ピッチ電極指が設けられている部分において電極指の膜厚を薄くしている。これによって、広帯域幅を維持したまま、バルク波の放射による損失を低減でき、良好な特性が得られる。

【0102】

(第5の実施例)

図20は、第5の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。

【0103】

本実施例の特徴は、狭ピッチ電極指が分割電極指 $13f_1$, $13f_2$ に代表されるようなスプリット電極により構成されている。その他の点については、第1の実施例とほぼ同様である。変更した点のみを以下に記載する。

【0104】

すなわち、第5の実施例では、電極指交差幅は $35.7\lambda_{I2}$ 、IDTの波長 λ_{I2} が $4.20\mu m$ 、 λ_{I1} が $4.04\mu m$ とされている。

図21には、第5の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性が実線で示されている。破線は、第1の実施例で示した従来の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性を示す。

【0105】

図21から明らかなように、第5の実施例においても、従来の縦結合共振子型弹性表面波フィルタに比べて通過帯域内における挿入損失を改善し得ることがわかる。

従って、本発明においては、狭ピッチ電極指については、複数本、通常は2本の分割電極指からなるスプリット電極を用いて構成してもよいことがわかる。

【0106】

(第6の実施例)

第6の実施例は、回路構成自体は第1の実施例と全く同様である。従って、第1の実施例について行った説明を援用することにより、その詳細な説明は省略する。

【0107】

第6の実施例が第1の実施例と異なる点は、弹性表面波フィルタ12のIDT 18~20における第1の部分の電極指、すなわち狭ピッチ電極指の波長が $3.88 \mu m$ とされている。その他の点については第1の実施例と同様である。

【0108】

すなわち、第6の実施例では、図1に示した2段縦続接続されている縦結合共振子型弹性表面波フィルタ11、12において、狭ピッチ電極指の波長が異ならされている。

【0109】

図22に、実線で第6の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性を、破線で第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性を示す。

【0110】

図22から明らかなように、第6の実施例によれば、第1の実施例に比べて通過帯域幅を拡大し得ることがわかる。この場合、VSWRの値は、第1、第6の実施例のいずれにおいても約2.0であった。従って、第6の実施例によれば、VSWRを悪化させることなく、通過帯域幅を拡大し得る。

【0111】

このように、複数の弹性表面波フィルタを縦続接続する場合、各段の弹性表面波フィルタの狭ピッチ電極指の構成を異ならせることにより、すなわち少なくとも1つの段の弹性表面波フィルタの狭ピッチ電極指の構成を残りの段の弹性表面波フィルタの狭ピッチ電極指の構成と異ならせることにより、通過帯域幅を広げ得ることがわかる。

【0112】

(第7の実施例)

図23は、第7の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタ61の電極構造を示す模式的平面図である。本実施例では、図9に示した縦結合共振子型弹性表面波フィルタ31の変形例に相当する。すなわち、1段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ31の中央のIDT14と入力端との間に直列共振子としての弹性表面波共振子62が直列に接続されている。

【0113】

本実施例のように、本発明においては縦結合共振子型弹性表面波フィルタに直列に弹性表面波共振子が接続されてもよい。

従来より、縦結合共振子型弹性表面波フィルタに直列に弹性表面波共振子を接続することにより、通過帯域外減衰量の拡大を図り得ることが知られている。しかしながら、通過帯域外減衰量は増大するものの、通過帯域内における挿入損失が大きくなるという問題があった。

【0114】

これに対して、本実施例では、本発明に従って構成された上記縦結合共振子型弹性表面波フィルタを用いているため、挿入損失の悪化は小さくなる。すなわち、縦結合共振子型弹性表面波フィルタ31に弹性表面波共振子62を直列接続することにより、通過帯域内の挿入損失の低減を図りつつ、通過帯域外の減衰量を拡大することができ、良好なフィルタ特性を得ることができる。

【0115】

同様に、本発明の縦結合共振子型弹性表面波フィルタでは、通過帯域内の挿入損失を低減し得るので、本発明に従って構成された縦結合共振子型弹性表面波フィルタに並列に弹性表面波共振子を接続してもよく、その場合には、通過帯域内における挿入損失の低減を図りつつ、通過帯域外減衰量の拡大を図ることができる。

また、直列接続された弹性表面波共振子と並列接続された弹性表面波共振子の双方を有していてもよい。

【0116】

(第8の実施例)

図24は、第8の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。第8の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタ71は、図9に示した縦結合共振子型弹性表面波フィルタと同様の電極構造を有する。異なるところは、図9に示した弹性表面波フィルタでは、アンバランス入力ーアンバランス出力とされていたのに対し、本実施例では、中央のIDTの一端が入力端に接続されているだけでなく、他端からも信号を取り出せるよう

に端子72が設けられている。

【0117】

近年、縦結合共振子型弹性表面波フィルタでは、平衡-不平衡変換機能を持たせることが求められている。図24に示した第8の実施例では、端子74を入力端子、端子72, 73を出力端子とすることにより、不平衡入力-平衡出力タイプのフィルタを構成することができる。逆に、端子72, 73を入力端子、端子74を出力端子とすれば、平衡入力-不平衡出力タイプのフィルタを構成することができる。従って、通過帯域内の挿入損失が小さい、平衡-不平衡変換機能を有する弹性表面波フィルタを提供することができる。このような平衡-不平衡変換機能を有する弹性表面波フィルタの変形例を、図25～図30に示す。

【0118】

図25に示す縦結合共振子型弹性表面波フィルタ81では、外側のIDT13, 15が平衡入出力を取り出し得るように構成されており、中央のIDT14が不平衡入出力端子82に接続されている。

【0119】

図26に示す縦結合共振子型弹性表面波フィルタ85では、IDT14に対するIDT13, 15の位相が逆転されて、平衡-不平衡変換機能が実現されている。

【0120】

さらに、図27に示す縦結合共振子型弹性表面波フィルタ86では、2段縦続接続されている弹性表面波フィルタ11, 12において、IDT18, 20の位相が反転されており、IDT19からバランス信号を取り出し得るようにIDT19に端子87, 88が接続されている。

【0121】

図28に示す縦結合共振子型弹性表面波フィルタ91では、2段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ11, 12において、バランス端子を取り出す側の弹性表面波フィルタ12が、交差幅が弹性表面波フィルタ11の半分である2個の弹性表面波フィルタ92, 93に分割されており、かつ弹性表面波フィルタ92, 93の位相が反転されている。

【0122】

さらに、図29に示すように、2段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ11, 12を有する構成において、第2の弹性表面波フィルタ12を縦結合共振子型弹性表面波フィルタ96, 97に分割し、かつ第1の弹性表面波フィルタ11のIDT14に対するIDT13, 15の位相を反転させることにより、平衡-不平衡変換機能が持たされている。

【0123】

図30に示す縦結合共振子型弹性表面波フィルタ101では、2段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタのそれぞれが交差幅を半分にして分割して並列接続されている。すなわち、縦結合共振子型弹性表面波フィルタ11が、2つの縦結合共振子型弹性表面波フィルタ11A, 11Bに分割されており、縦結合共振子型弹性表面波フィルタ12が、縦結合共振子型弹性表面波フィルタ12A, 12Bに分割されている。

【0124】

このうち1組の弹性表面波フィルタの位相を反転させるようにして、平衡-不平衡変換機能が持たされている。

すなわち、図25～図30に示したように、様々な構造により、第8の実施例と同様に、挿入損失を低減しつつ、平衡-不平衡変換機能を有する弹性表面波フィルタを提供することができる。

【0125】

(第9の実施例)

図31は、本発明の第9の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図である。本実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ111は、図8に示した縦結合共振子型弹性表面波フィルタと電極構造は同一である。異なるところは、全てのIDT13～15の端部から信号を取り出しえるよう、端子112～115が設けられていることにある。

【0126】

ここでは、端子112, 115と、端子113, 114のそれぞれからバランス信号を得ることができるので、平衡入力-平衡出力の弹性表面波フィルタを得

ることができる。本実施例においても、本発明に従って縦結合共振子型弹性表面波フィルタが構成されているので、通過帯域内の挿入損失が小さい、平衡入出力タイプの弹性表面波フィルタを提供することができる。

【0127】

図35は、本発明に係る弹性表面波装置を用いた通信機160を説明するための各概略ブロック図である。

図35において、アンテナ161に、デュプレクサ162が接続されている。デュプレクサ162と受信側ミキサ163との間に、RF段を構成する弹性表面波フィルタ164及び増幅器165が接続されている。さらにミキサ163にIF段の弹性表面波フィルタ169が接続されている。また、デュプレクサ162と送信側のミキサ166との間には、RF段を構成する増幅器167及び弹性表面波フィルタ168が接続されている。

【0128】

上記通信機160におけるRF段の表面波フィルタ164, 168, 169として本発明に従って構成された縦結合共振子型弹性表面波フィルタを好適に用いることができる。

【0129】

【発明の効果】

本発明に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタでは、少なくとも3つのIDTのうち少なくとも1つのIDTが、表面波伝搬方向に隣接している他のIDT端部から一部分である第1の部分の電極指の周期が、残りの部分である第2の部分の電極指の周期と異なるように構成されているので、通過帯域幅の拡大を図り得るだけでなく、通過帯域内の挿入損失を低減することが可能となる。

【0130】

従って、広帯域であり、かつ通過帯域内の損失が小さい縦結合共振子型弹性表面波フィルタを提供することができる。

第1の部分の電極指の周期が、第2の部分の電極指の周期よりも小さい場合には、表面波の伝搬損失を低減することができ、通過帯域内における挿入損失をより小さくすることができる。

【0131】

特に、第1の部分の電極指の周期が第2の部分の電極指の周期の0.82～0.99倍の場合には、表面波の伝搬損失をより一層小さくすることができる。

一対のIDTの隣合う電極指中心間距離が $0.5\lambda_{I1}$ に略一致されている場合には、バルク波として放射する損失を低減することができ、挿入損失をより一層低減することができる。

【0132】

隣合う一対のIDTの一方のみが、第1の部分及び第2の部分を有するように構成されている場合に、一対のIDTの隣合う電極指中心間距離が、 $0.25\lambda_{I1} + 0.25\lambda_{I2}$ に略一致している場合には、同様に、バルク波として放射する損失を低減することができ、通過帯域内の挿入損失をより一層低減することができる。

【0133】

第1の部分の電極指と第2の部分の電極指とが隣合う箇所における電極指中心間距離が $0.25\lambda_{I1} + 0.25\lambda_{I2}$ に略一致している場合には、同様にバルク波として放射する損失を低減することができ、より一層通過帯域内における挿入損失を低減することができる。

【0134】

第1、第2の部分を有するIDTと、該IDTに隣接するIDTとの隣合う電極指の極性が異なる場合には、IDT-IDT間においても弾性表面波が電気信号に変換され、それによって電気信号への変換効率が高められ、通過帯域内における挿入損失をより一層改善することができ、かつ通過帯域幅も拡大することができる。

【0135】

隣合う一対のIDTの隣合っている部分の両側において、第1の部分の電極指の合計の本数が18本以下の場合には、インピーダンス集中度が高められ、VSWRの小さい縦結合共振子型弾性表面波フィルタを提供することができる。

【0136】

隣り合う一対のIDTの、周期を異ならせていない電極同士の中心間距離を、

(0.08+0.5n)λ/2～(0.24+0.5n)λ/2とした場合には、より好ましくは(0.13+0.5n+)λ/2～(0.23+0.5n)λ/2とした場合には、EGSM方式、DCS方式、PCS方式等の様々な用途に応じて必要な帯域幅を確保でき、かつVSWRを確実に小さくすることができる。

【0137】

表面波伝搬方向において隣合う一対のIDTの双方が第1，第2の部分を有し、双方のIDTにおける第1の部分の電極指の本数が異なる場合には、インピーダンス集中度は悪化し、VSWRが悪化するものの、通過帯域幅のより一層の拡大を図ることができる。

【0138】

圧電基板として、 LiTaO_3 単結晶をX軸を中心にY軸方向に36～44°の範囲で回転させたものを用いた場合には、本発明に従って通過帯域幅が広く、かつ通過帯域内における挿入損失が小さい縦結合共振子型弹性表面波フィルタを容易に得ることができる。

【0139】

第1の部分の電極指の膜厚が第2の部分の電極指の膜厚と異なる場合には、電極膜厚を調整することにより、バルク波の放射による損失を低減することができる。特に、第1の部分の電極指の膜厚が第2の部分の電極指の膜厚よりも薄くされている場合、バルク波の放射が最も発生するIDT-IDT間の間隔において、バルク波放射による損失を低減することができるので、広帯域幅を維持したまま、挿入損失をより一層低減することができる。

【0140】

複数段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタが継続接続されている構成において、少なくとも1つの段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタにおける第1の部分の電極指の周期が、他の段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタにおける第1の部分の電極指の周期と異なる場合には、VSWRの悪化を招くことなく、通過帯域幅をより一層広げることが可能となる。

【0141】

特に、複数段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの各段において、上記第1の部分の電極指の周期が異ならされている場合、効果的に通過帯域幅を広げることができる。

【0142】

少なくとも1つの直列共振子及び／または並列共振子が入力側及び／または出力側に接続されている場合には、本発明に従って通過帯域内の挿入損失を低減し得るだけでなく、通過帯域外の減衰量の拡大を図ることができる。

【0143】

本発明の縦結合共振子型弹性表面波フィルタは、平衡－不平衡入出力を有するように構成されてもよく、平衡－平衡入出力を有するように構成されていてよい。

【0144】

すなわち、用途に応じて、様々な入出力形式の縦結合共振子型弹性表面波フィルタを容易に提供することができる。

また、本発明に係る通信機は、本発明に従って構成された縦結合共振子型弹性表面波フィルタを帯域フィルタとして備えるため、広い帯域幅を有し、かつ低損失の通信機を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの略図的平面図。

【図2】

従来の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図3】

第1の実施例及び従来例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図4】

従来の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図5】

従来の3IDTタイプの縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造と共振モードとの関係を説明するための模式図。

【図6】

第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの第1の部分における電極指ピッチの第2の部分の電極指ピッチに対する比と、伝搬損失の関係を示す図。

【図7】

(a) 及び (b) は、第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタにおける狭ピッチ電極指の本数が8本の場合及び12本の場合の各反射特性を示す図。

【図8】

第1の実施例において、狭ピッチ電極指の本数を変化させた場合のVSWRの変化を示す図。

【図9】

第1の実施例の変形例に係る1段の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図10】

第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの他の変形例の電極構造を示す模式的平面図。

【図11】

第2の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図12】

第2の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの共振モードと、第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの共振モードの相違を説明するための図。

【図13】

第2の実施例及び第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図14】

第3の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図15】

(a)～(c)は、それぞれ、第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ、第3の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタ及び第3の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタにおける狭ピッチ電極指の本数のバランスを変えた構造の反射特性を示す図。

【図16】

(a)及び(b)は、第3の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタ及び第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性及びVSWR特性を示す図。

【図17】

(a)及び(b)は、図15(c)に示した変形例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性及びVSWR特性を示す図。

【図18】

(a)及び(b)は、第4の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図及び電極指と交差する方向に沿う要部断面図。

【図19】

第4の実施例と第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図20】

第5の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図21】

第5の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタ及び従来の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図22】

第6の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性及び第1の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの振幅特性を示す図。

【図23】

第7の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図24】

第8の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図25】

第8の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタの変形例を示す模式的平面図。

【図26】

第8の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの他の変形例を説明するための模式的平面図。

【図27】

第8の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタのさらに他の変形例を示す模式的平面図。

【図28】

第8の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの他の変形例を説明するための模式的平面図。

【図29】

第8の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタのさらに他の変形例を説明するための模式的平面図。

【図30】

第8の実施例の縦結合共振子型弹性表面波フィルタのさらに他の変形例を説明するための模式的平面図。

【図31】

第9の実施例に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタの電極構造を示す模式的平面図。

【図32】

狭ピッチ電極指の本数と通過帯域幅との関係を示す図。

【図33】

IDTの中心間距離変化量と伝搬損失の関係を示す図。

【図34】

ピッチを小さくしていない電極指間距離の好ましい範囲を説明するための図であり、ピッチを小さくしていない電極指間距離と、良好なフィルタ特性を得られる狭ピッチ電極指本数との関係を示す図。

【図35】

本発明に係る縦結合共振子型弹性表面波フィルタを帯域フィルタとして備える通信機を説明するためのブロック図。

【符号の説明】

1 …縦結合共振子型弹性表面波フィルタ

2 …圧電基板

1 1, 1 2, 1 1 A, 1 1 B, 1 2 A, 1 2 B …縦結合共振子型弹性表面波フィルタ

1 3 ~ 1 5 …IDT

1 3 a ~ 1 3 h …電極指

1 3 f₁, 1 3 f₂ …分割電極指

1 4 a ~ 1 4 i …電極指

1 5 a …電極指

1 6, 1 7 …反射器

1 8 ~ 2 0 …IDT

1 9 f, 1 9 g …電極指

2 0 a ~ 2 0 h …電極指

2 1, 2 2 …反射器

3 1 …縦結合共振子型弹性表面波フィルタ

3 2 …縦結合共振子型弹性表面波フィルタ

3 3 ~ 3 7 …IDT

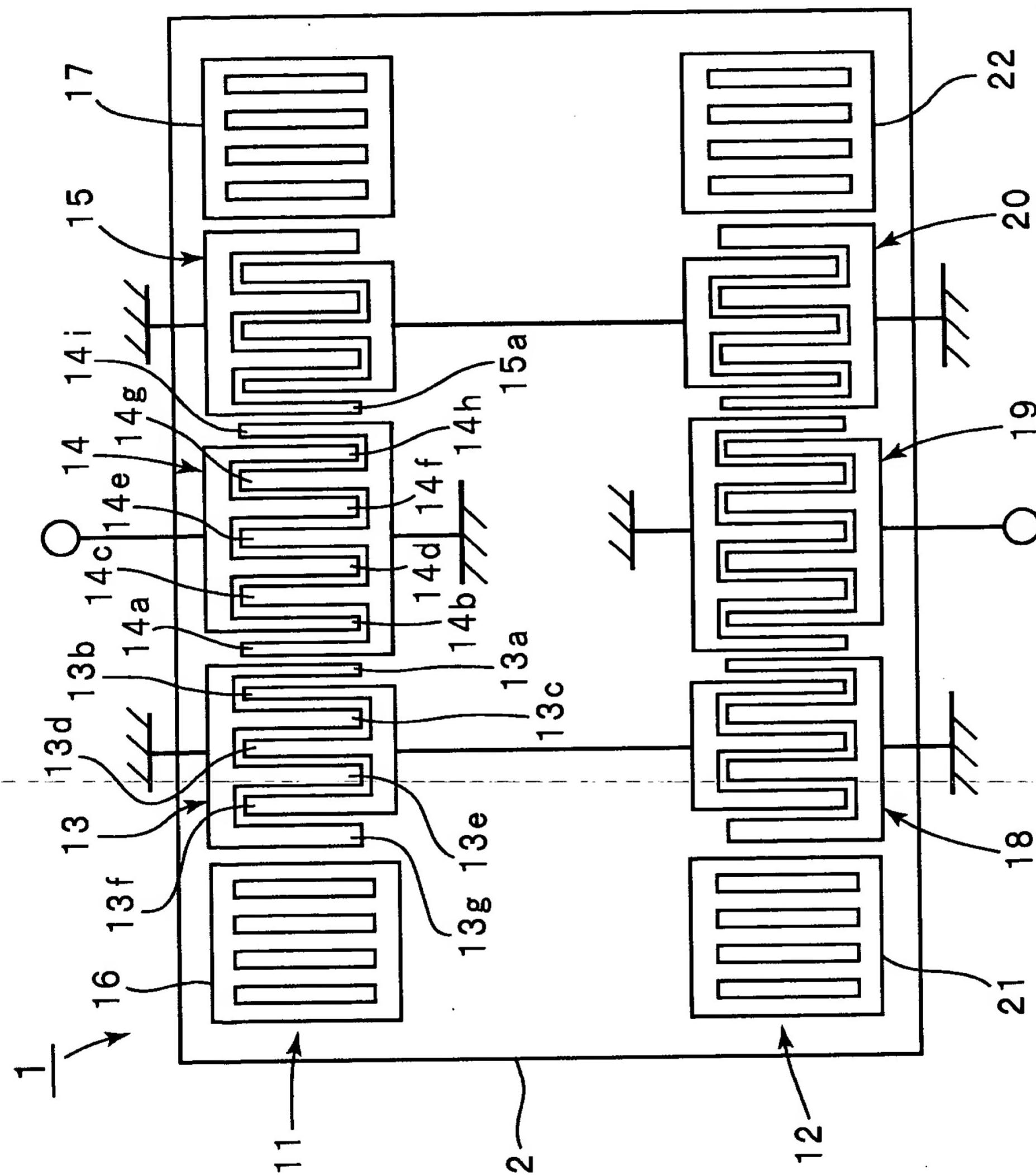
4 1 …縦結合共振子型弹性表面波フィルタ

5 1 …縦結合共振子型弹性表面波フィルタ

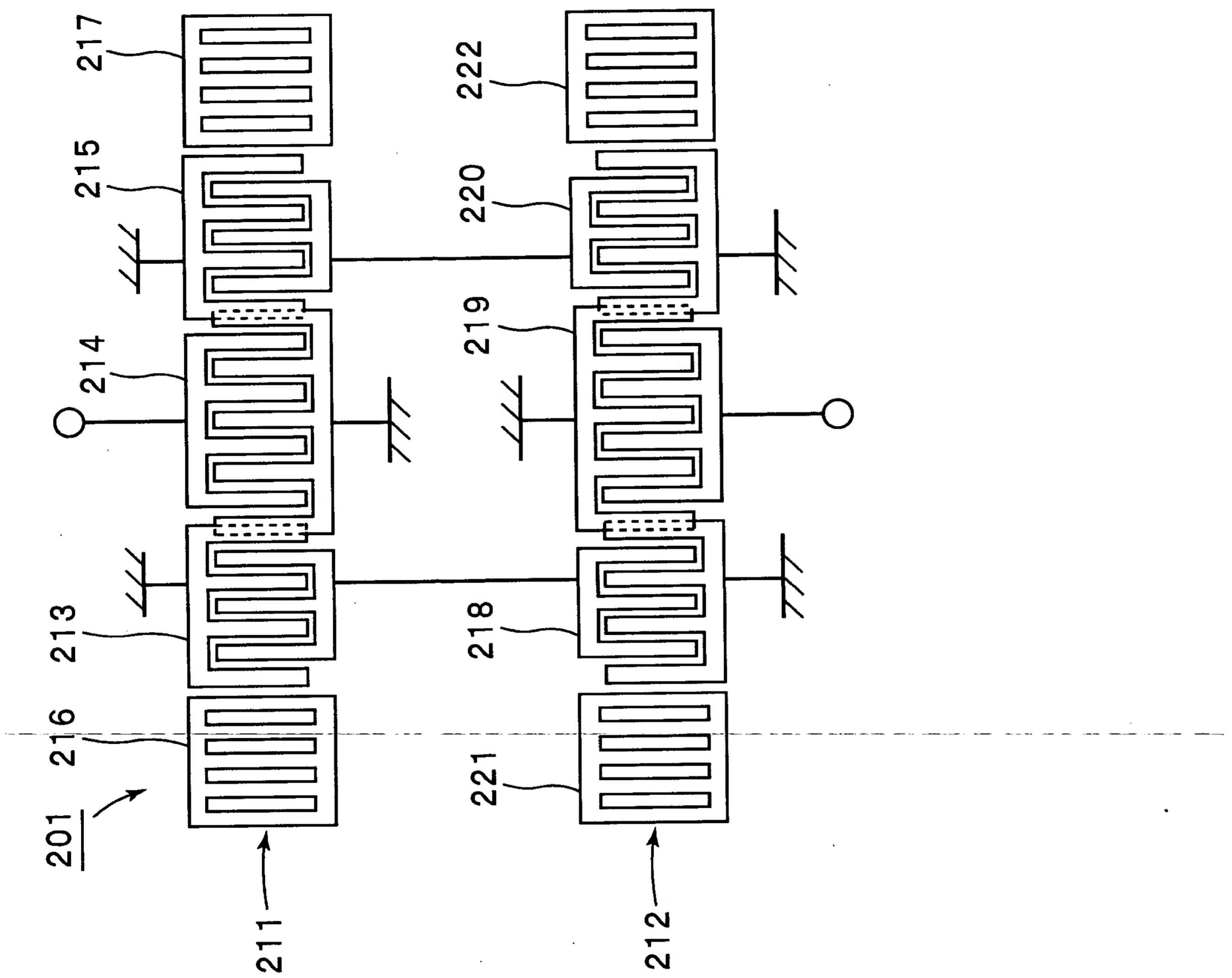
- 6 1 … 縦結合共振子型弹性表面波フィルタ
6 2 … 弹性表面波共振子
7 1 … 縦結合共振子型弹性表面波フィルタ
7 2 ~ 7 4 … 端子
8 1, 8 5, 8 6, 9 1 … 縦結合共振子型弹性表面波フィルタ
8 7, 8 8 … 端子
9 2, 9 3, 9 6, 9 7 … 縦結合共振子型弹性表面波フィルタ
1 0 1 … 縦結合共振子型弹性表面波フィルタ
1 1 1 … 縦結合共振子型弹性表面波フィルタ
1 1 2 ~ 1 1 5 … 端子
1 6 0 … 通信機
1 6 1 … アンテナ
1 6 2 … デュプレクサ
1 6 3, 1 6 6 … ミキサ
1 6 4 … 弹性表面波フィルタ
1 6 5 … 増幅器
1 6 7 … 増幅器
1 6 8 … 弹性表面波フィルタ
1 6 9 … 弹性表面波フィルタ

【書類名】図面

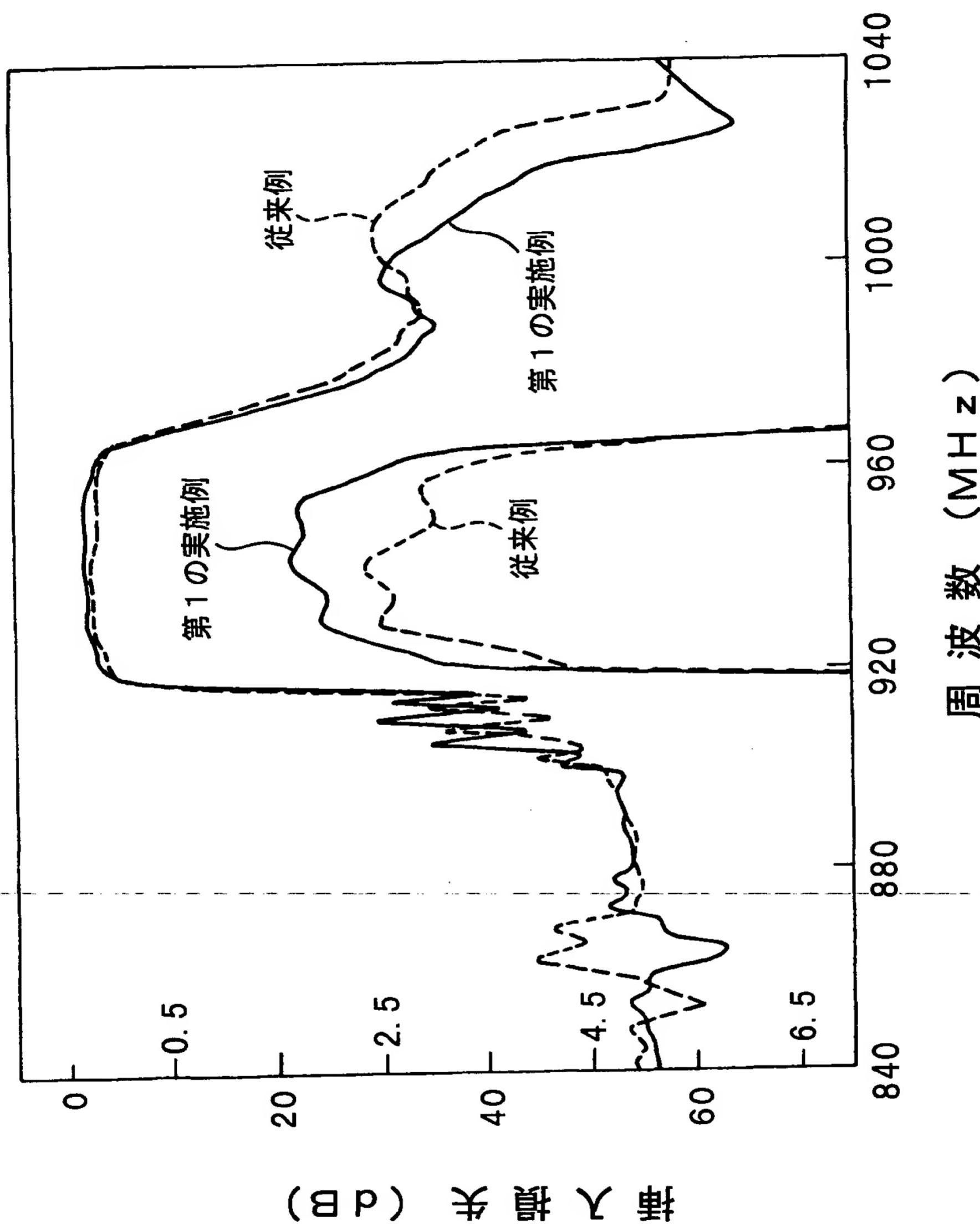
【図1】



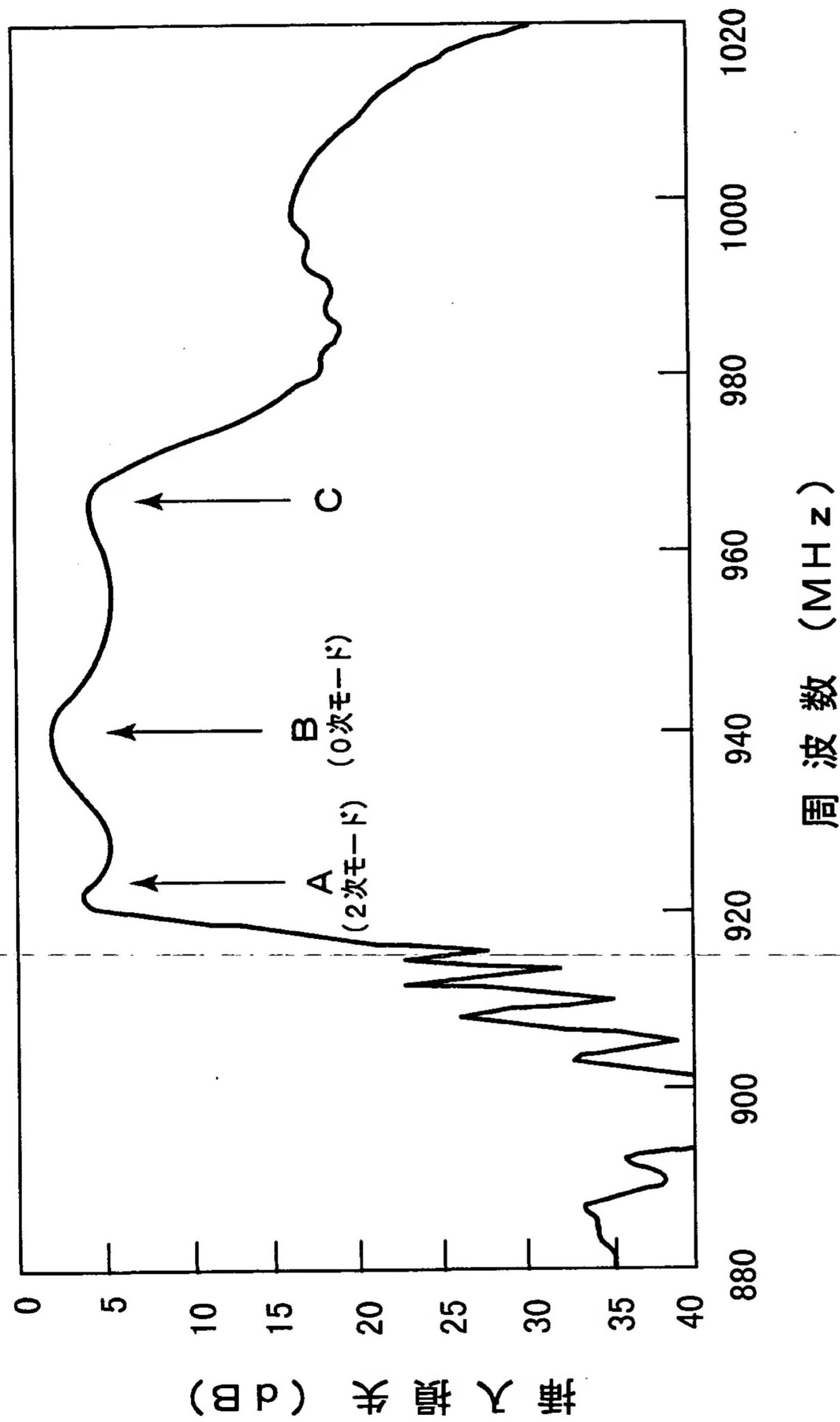
【図2】



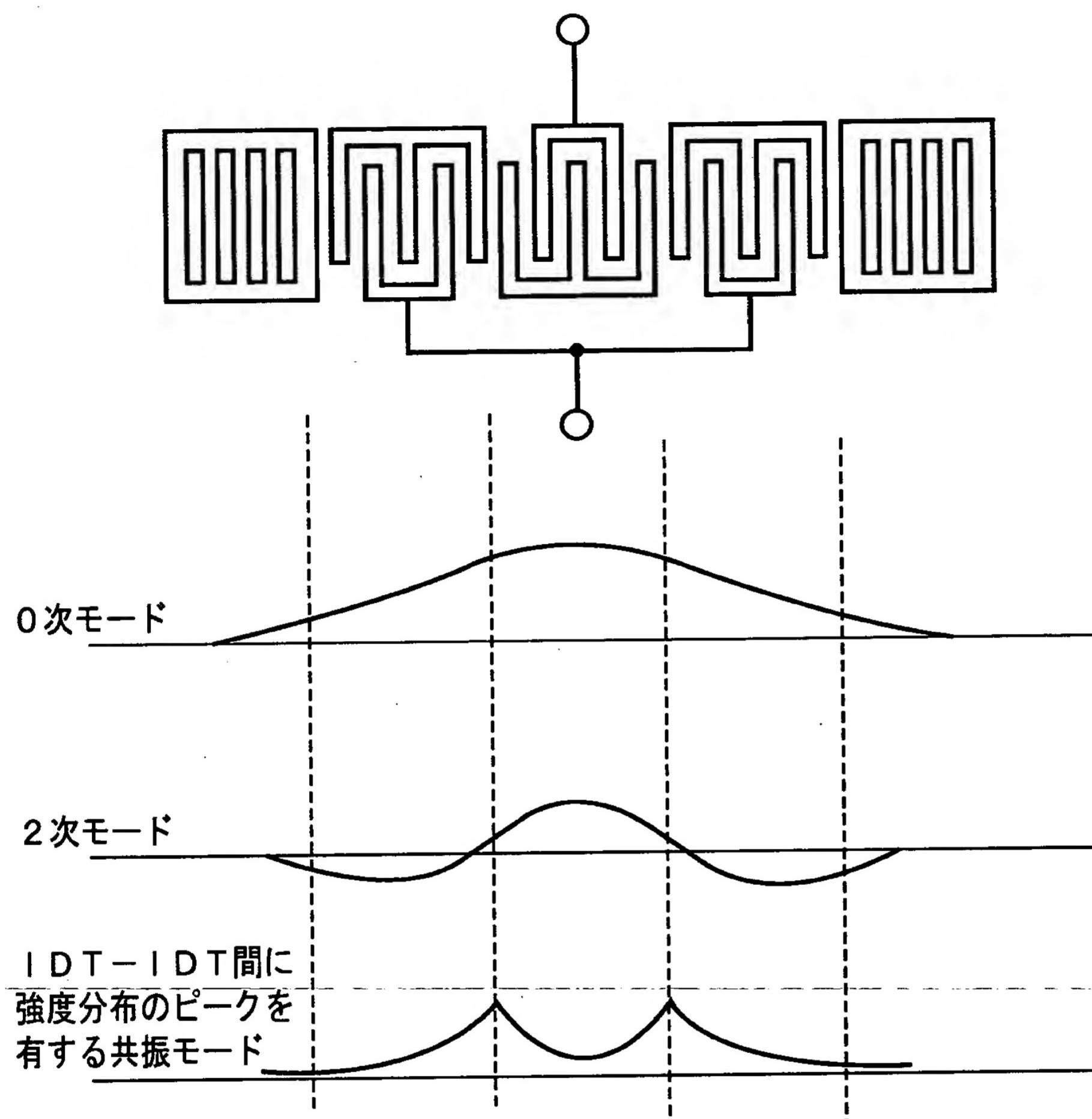
【図3】



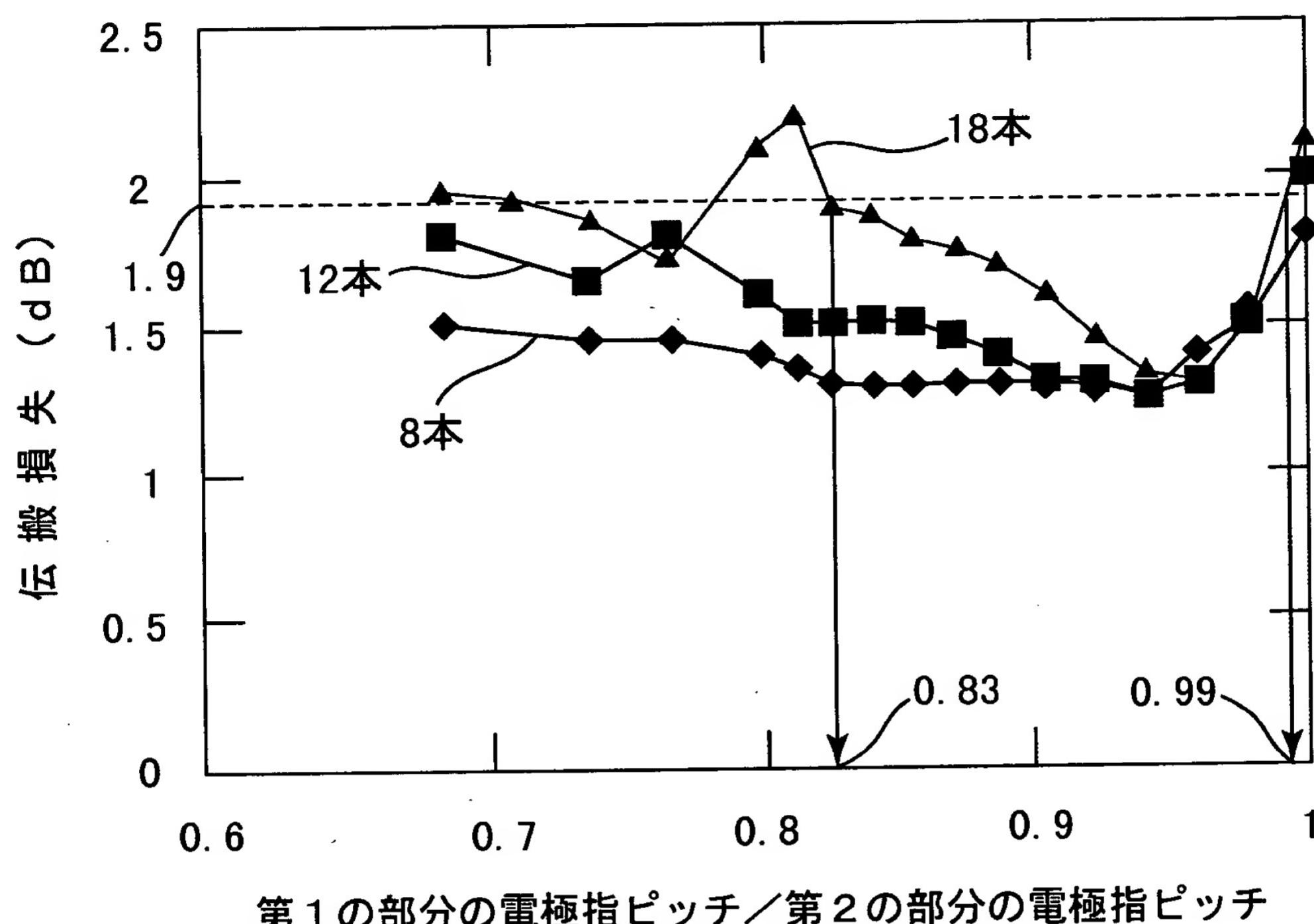
【図4】



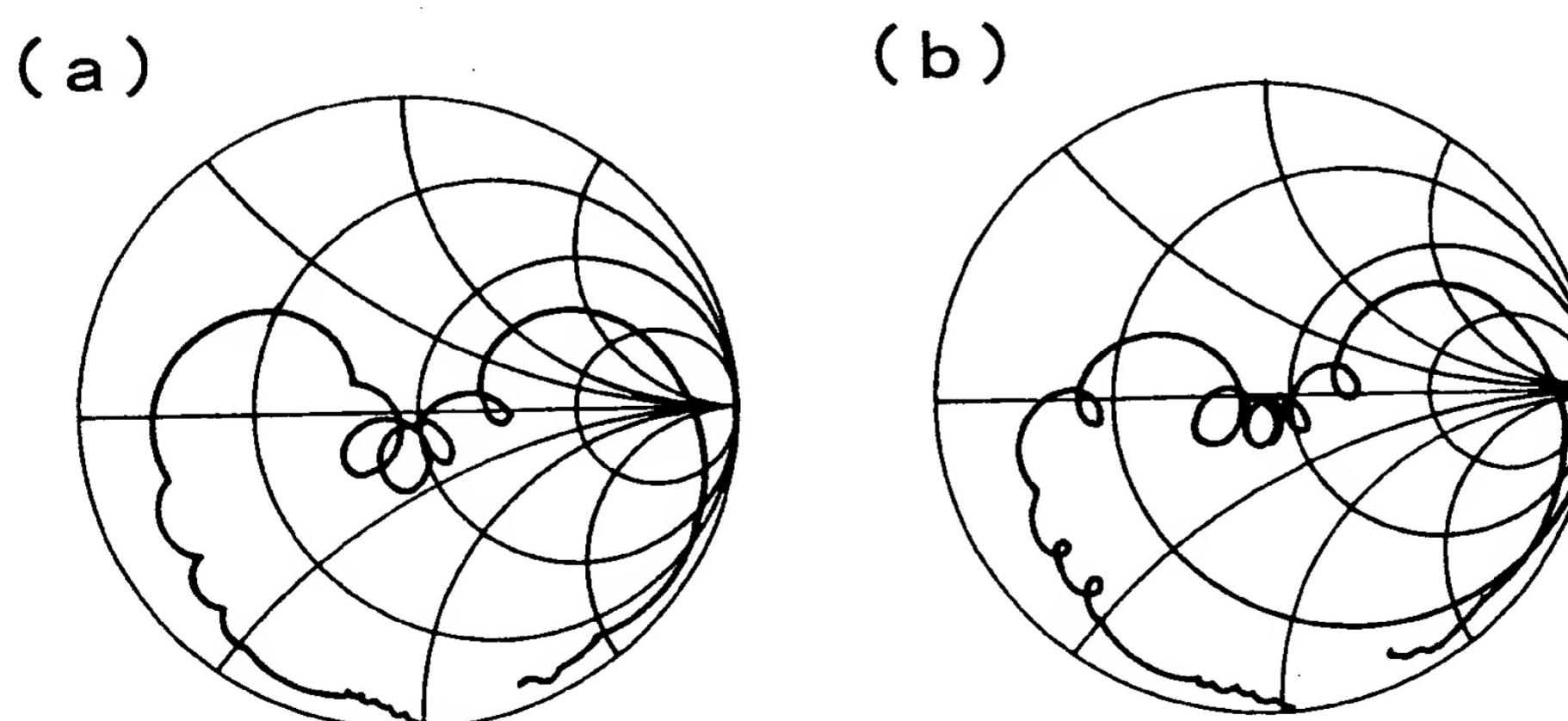
【図5】



【図6】

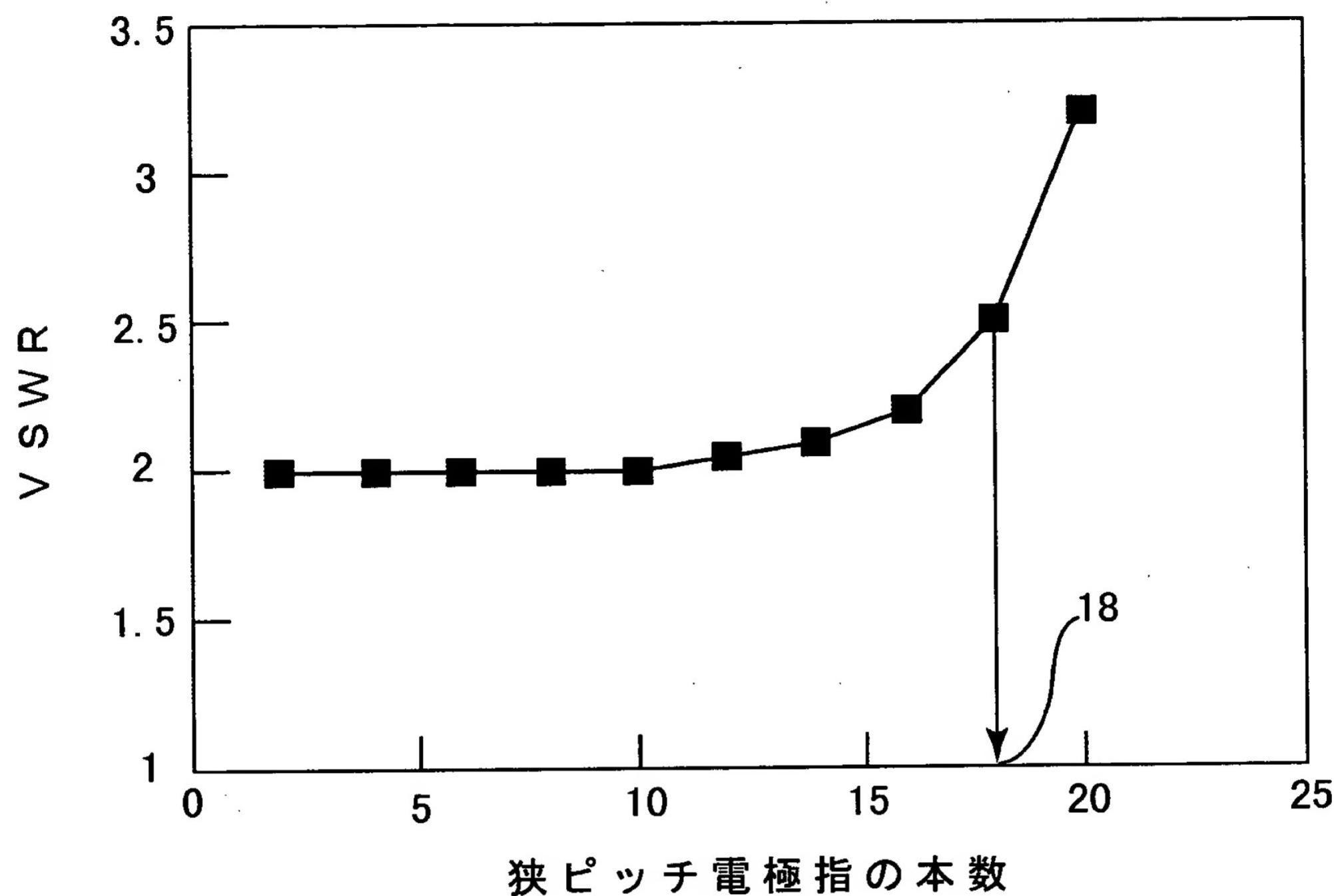


【図7】

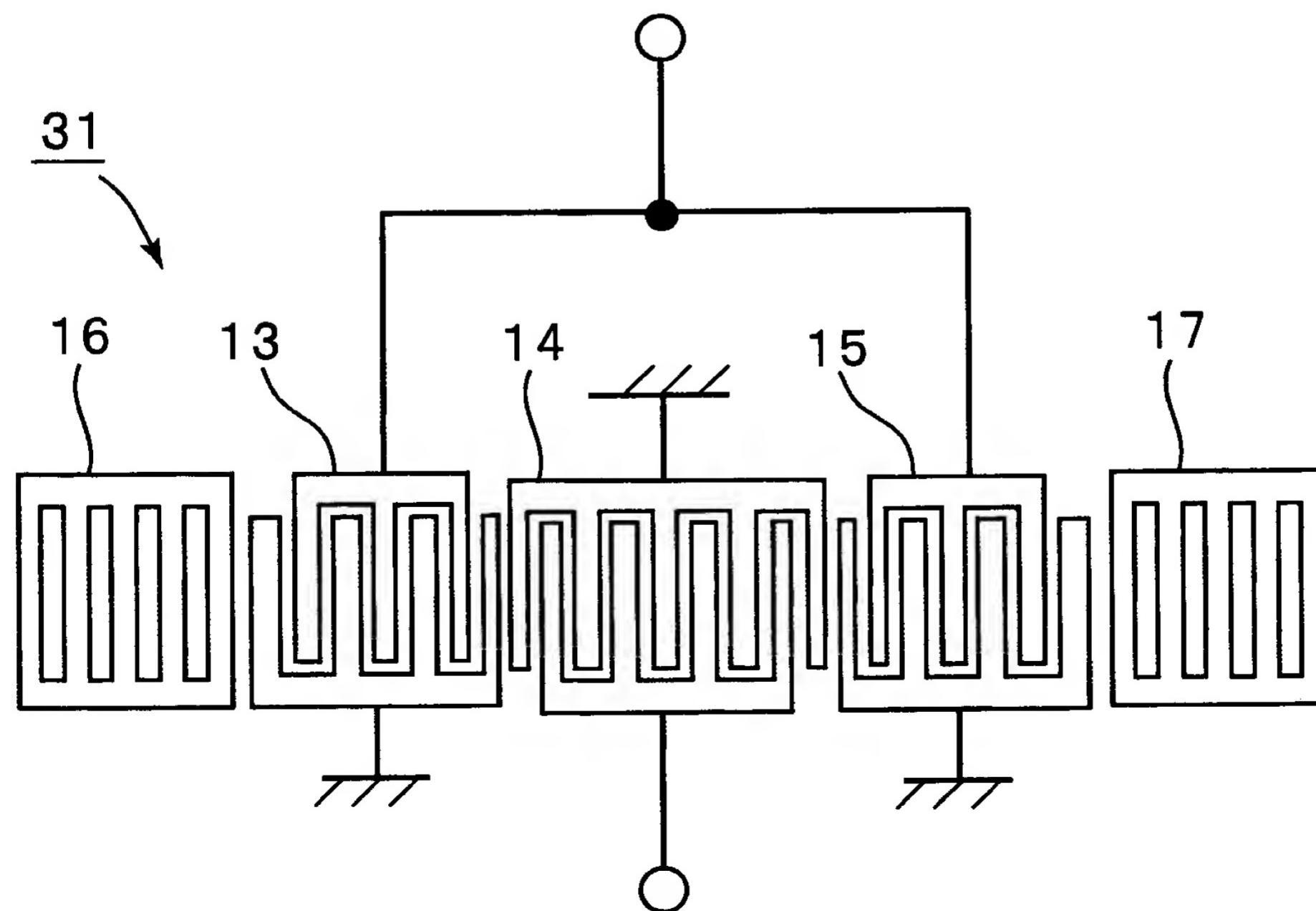




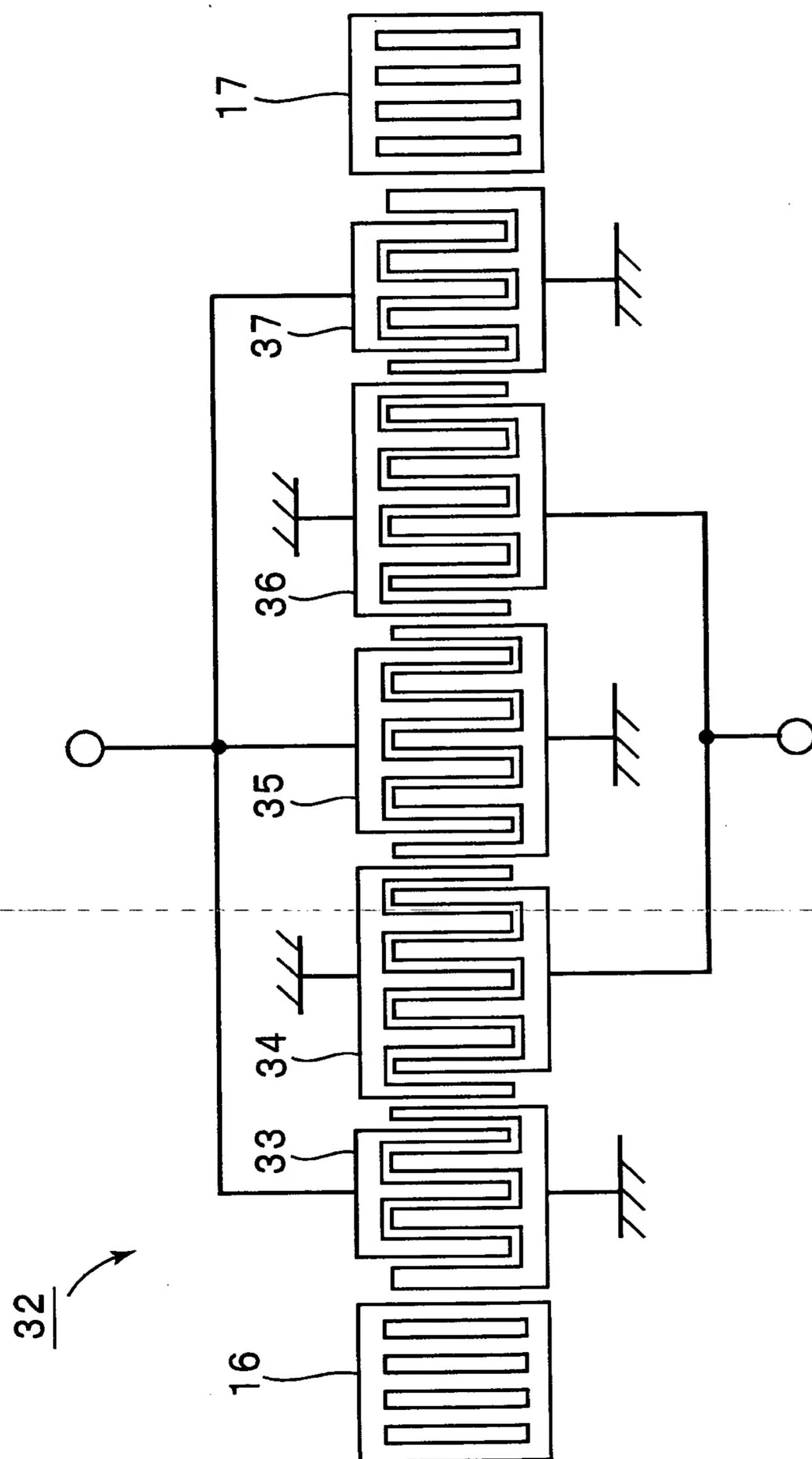
【図 8】



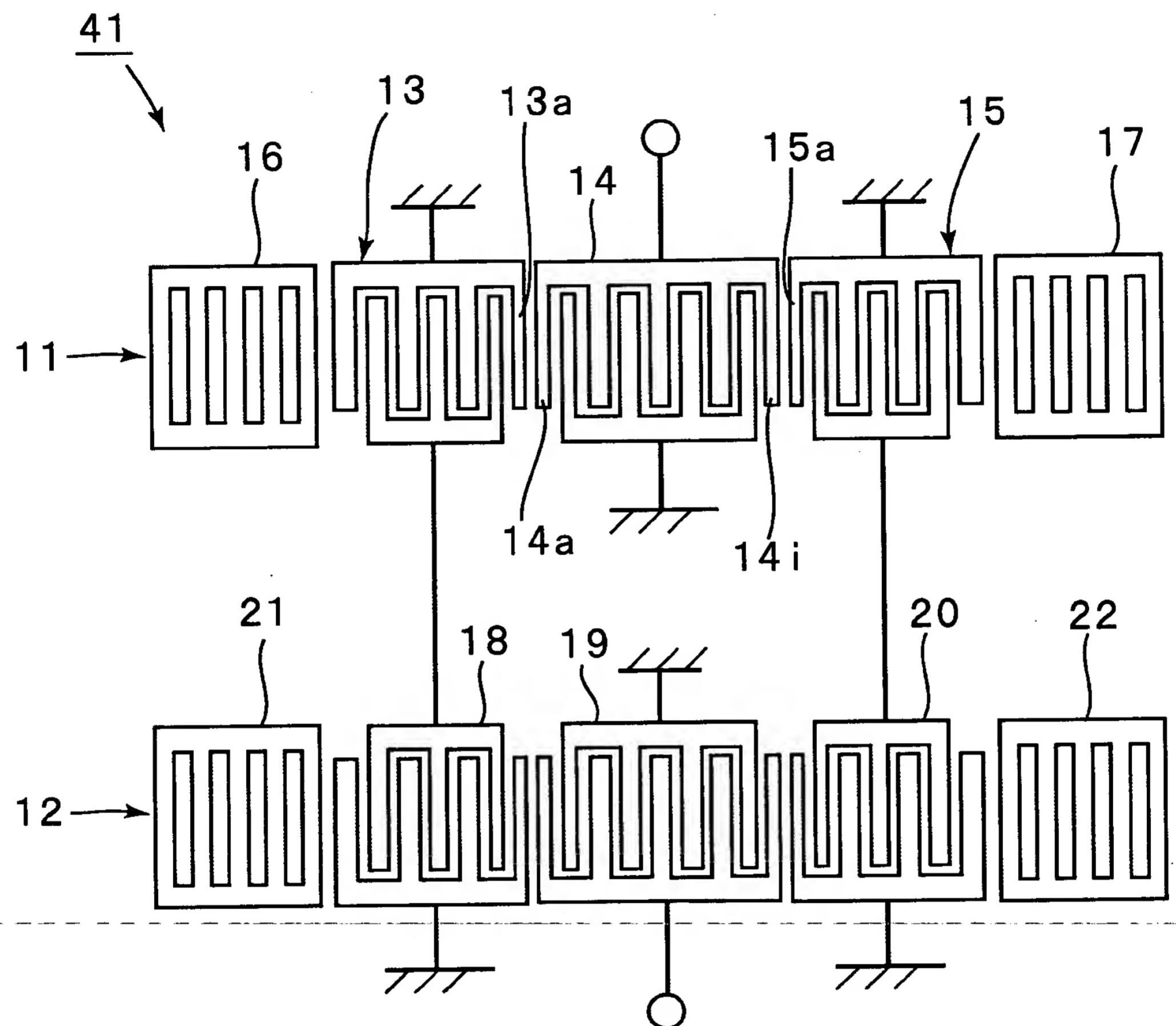
【図9】



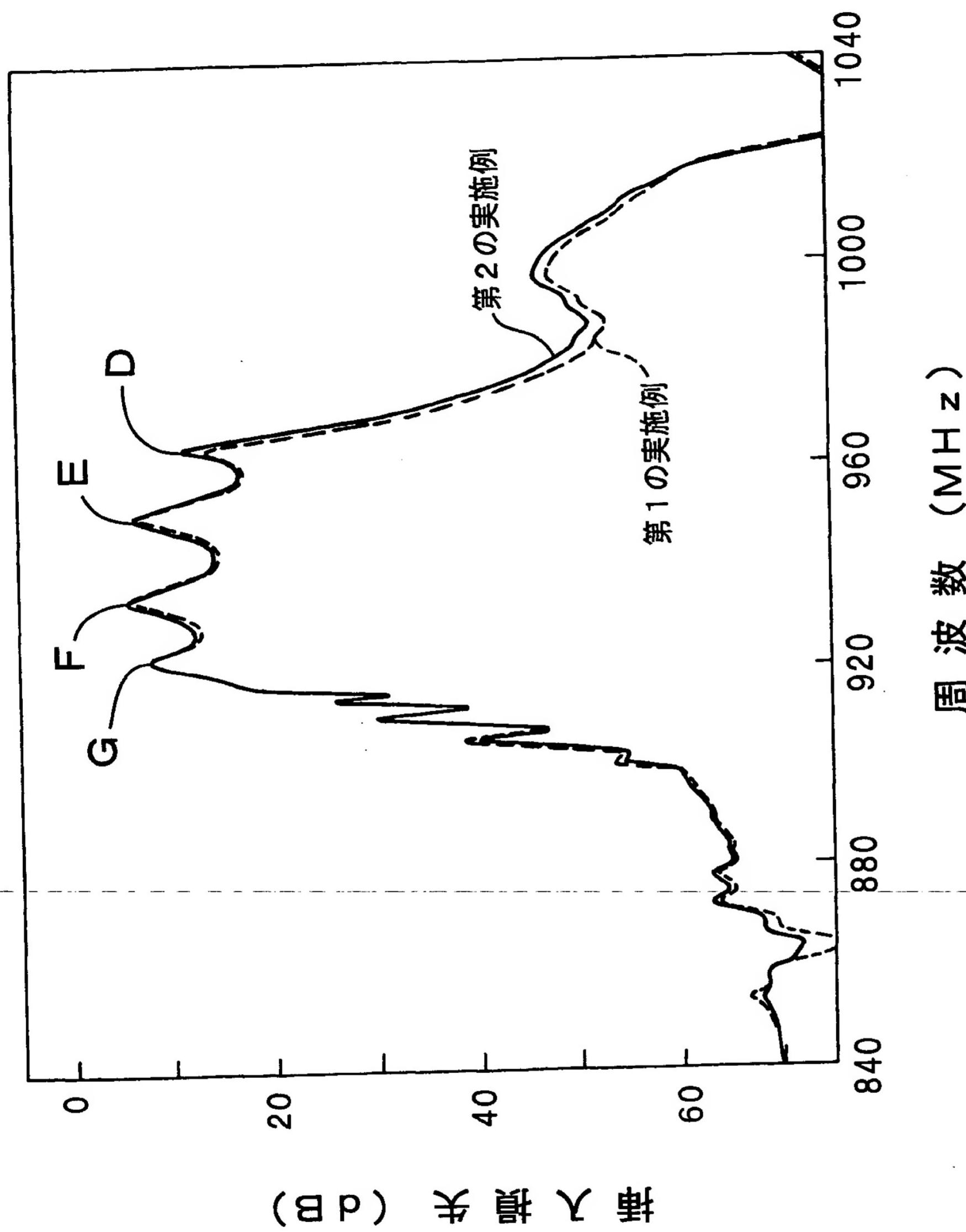
【図10】



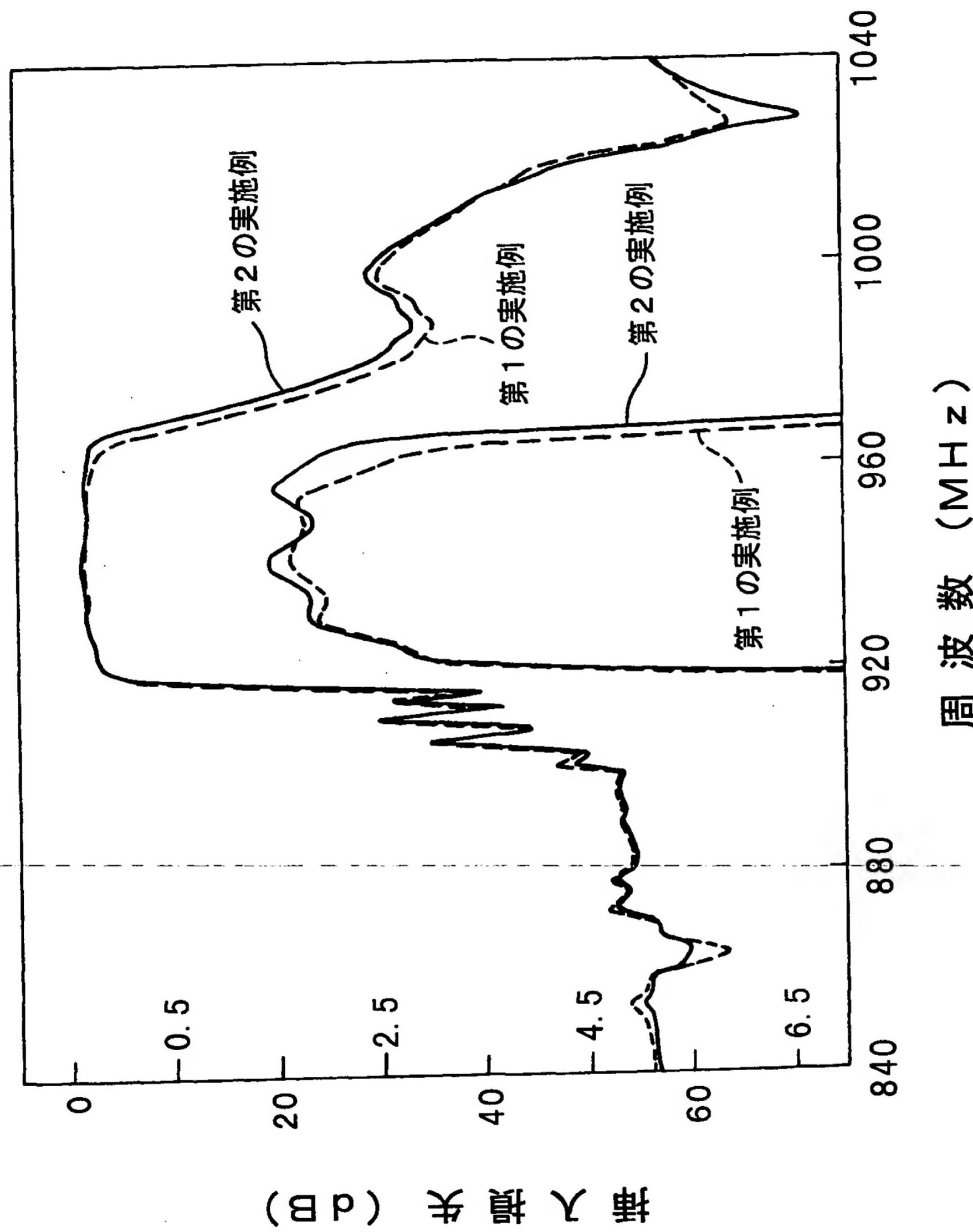
【図11】



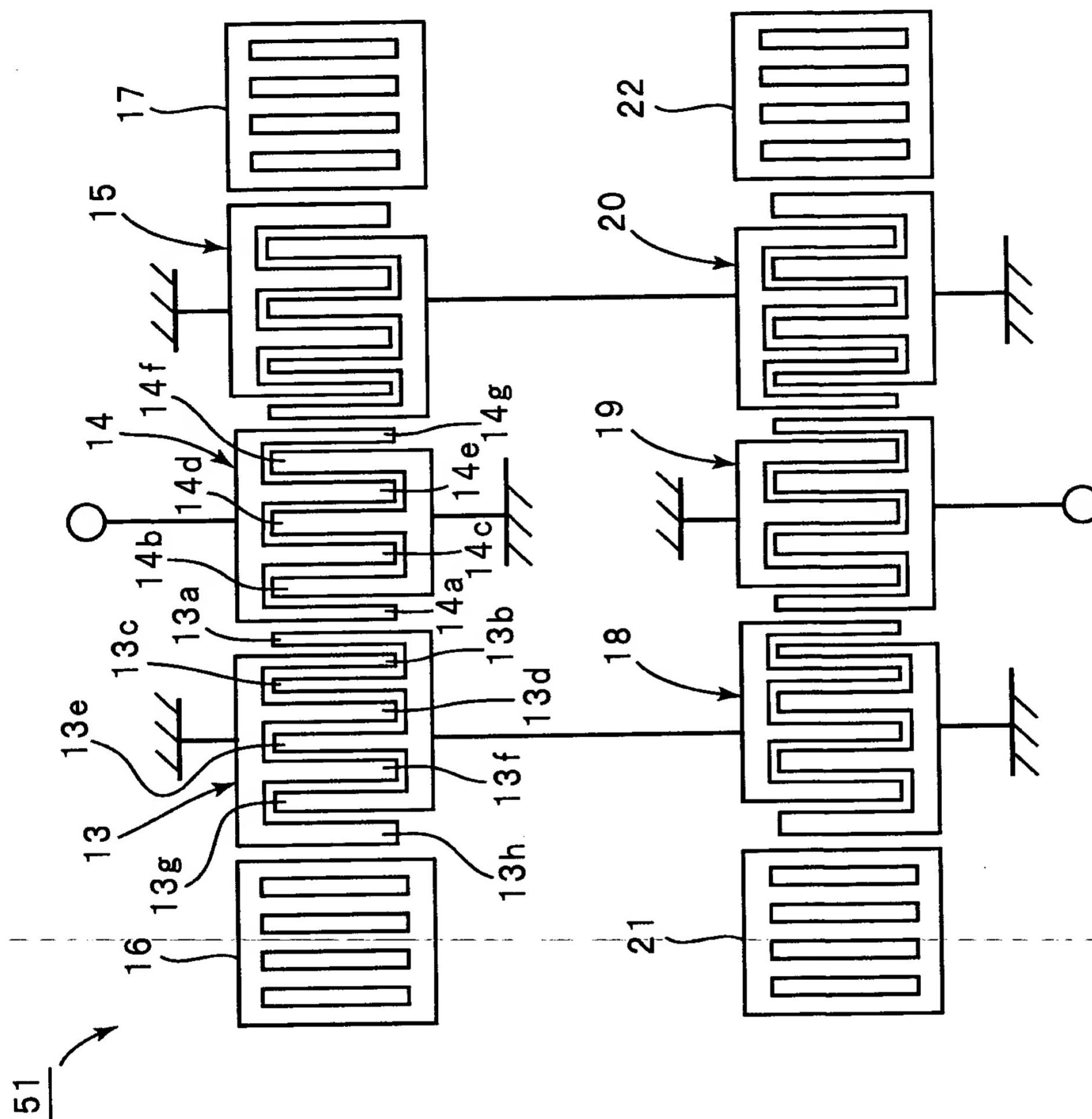
【図12】



【図13】



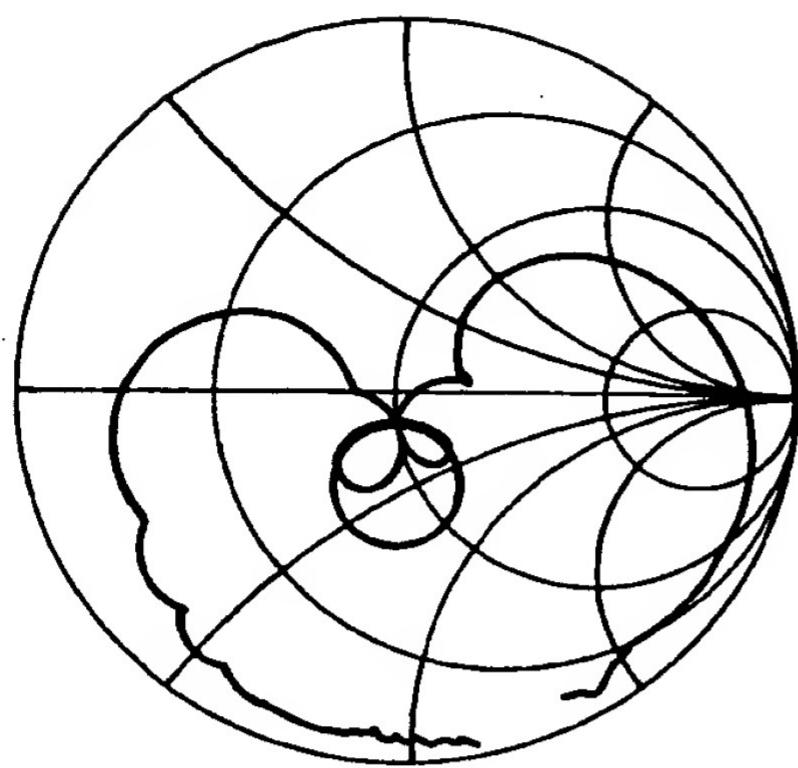
【図14】



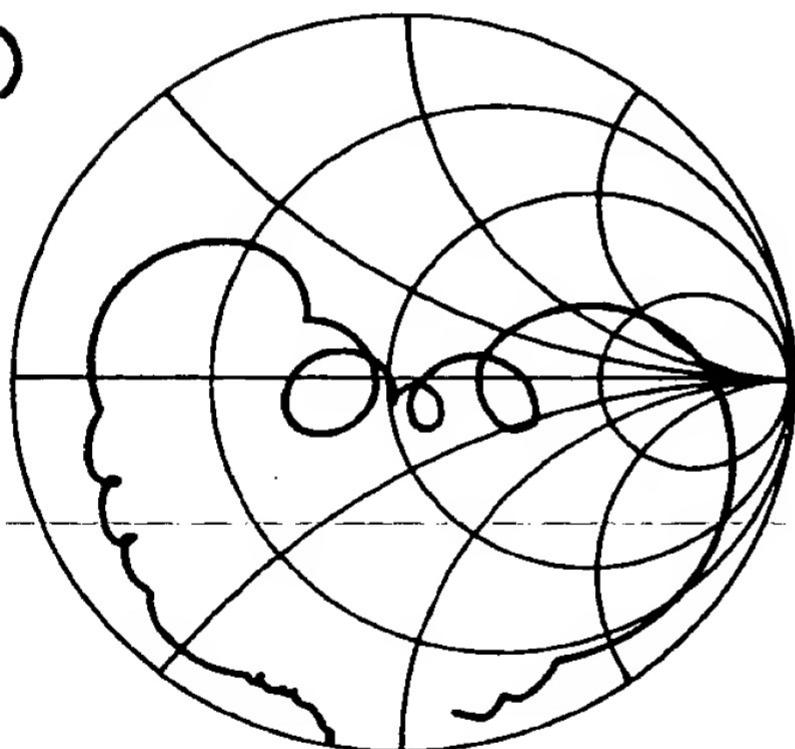
特2001-020456

【図15】

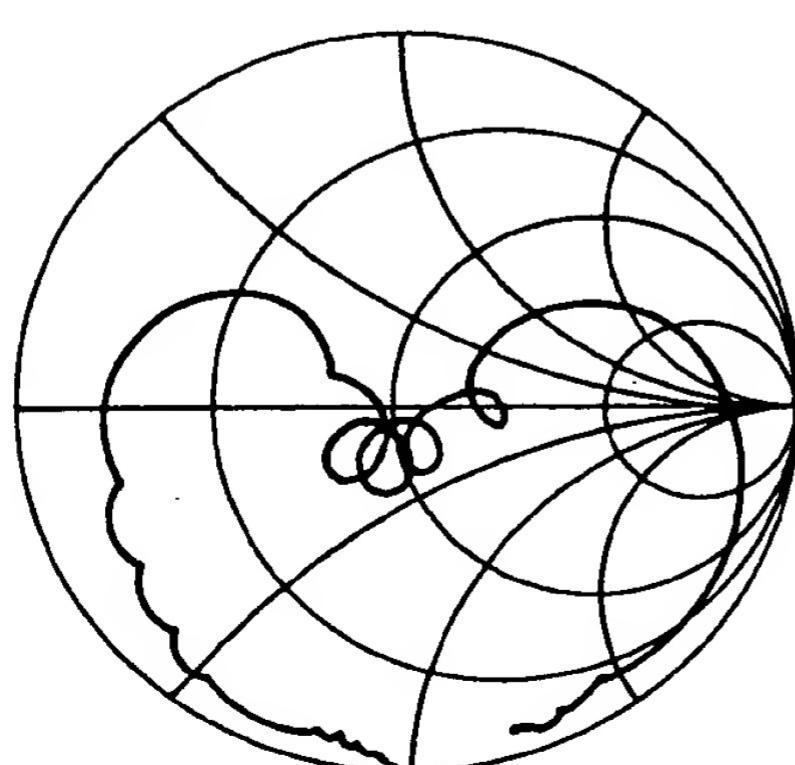
(a)



(b)

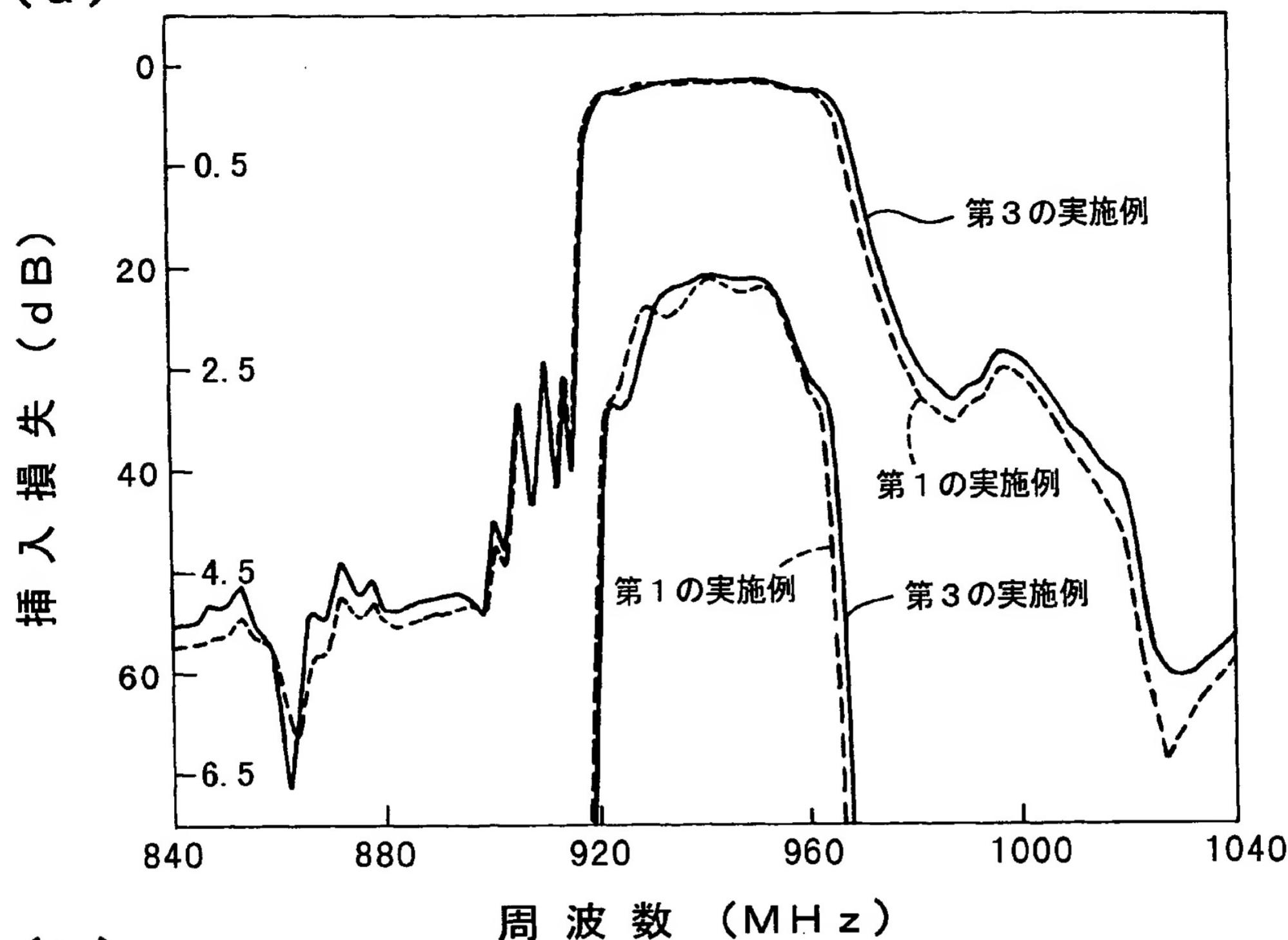


(c)

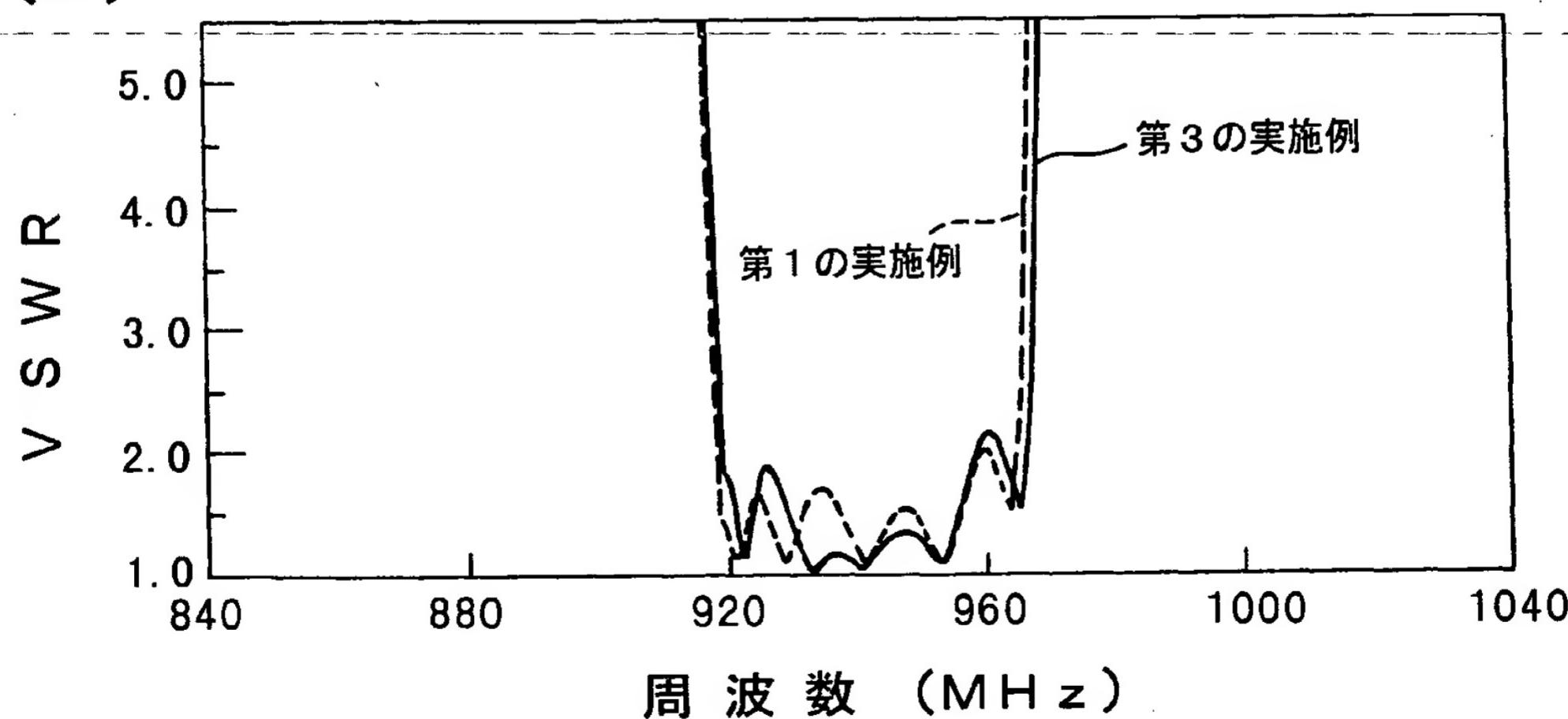


【図16】

(a)

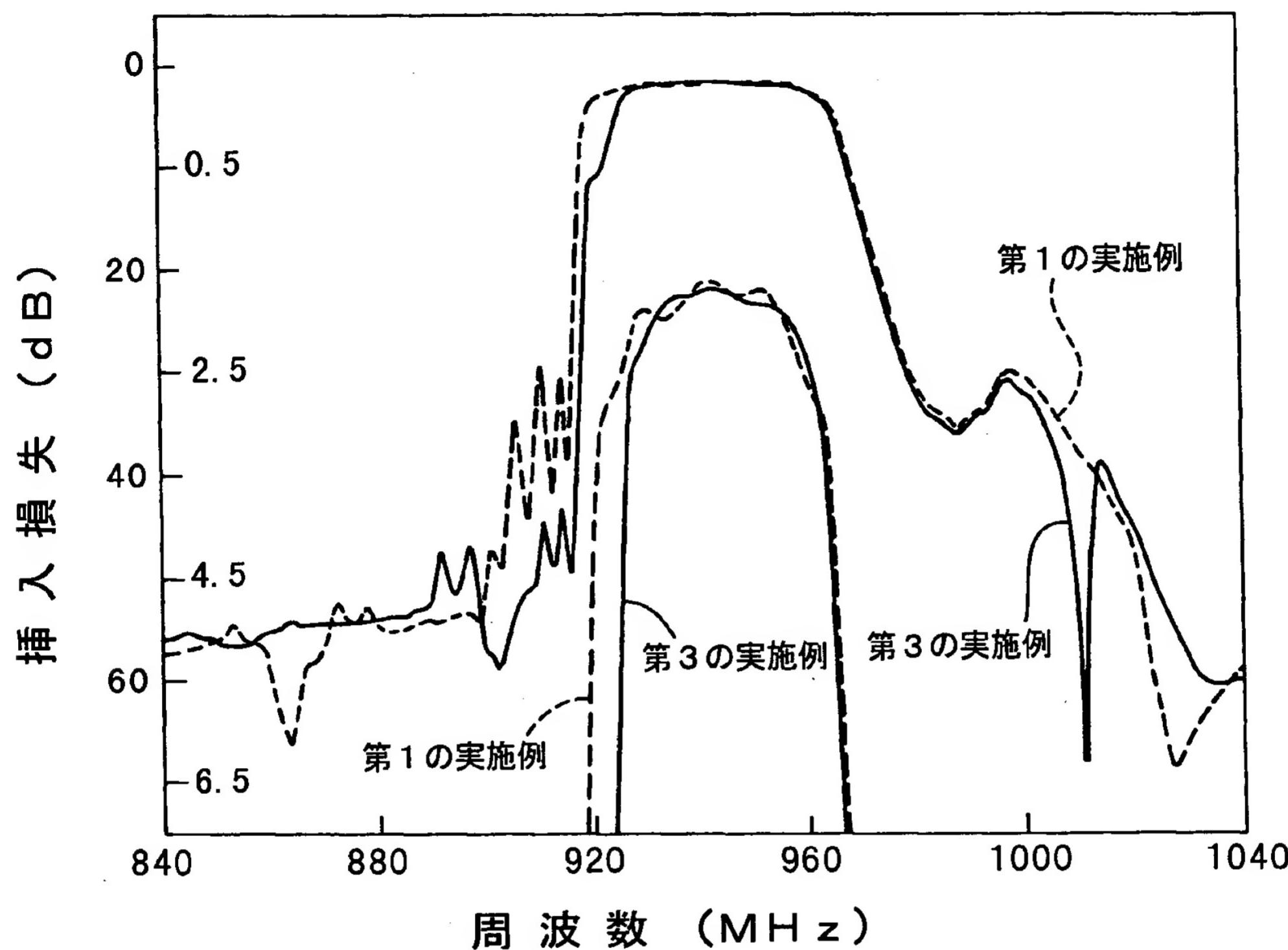


(b)

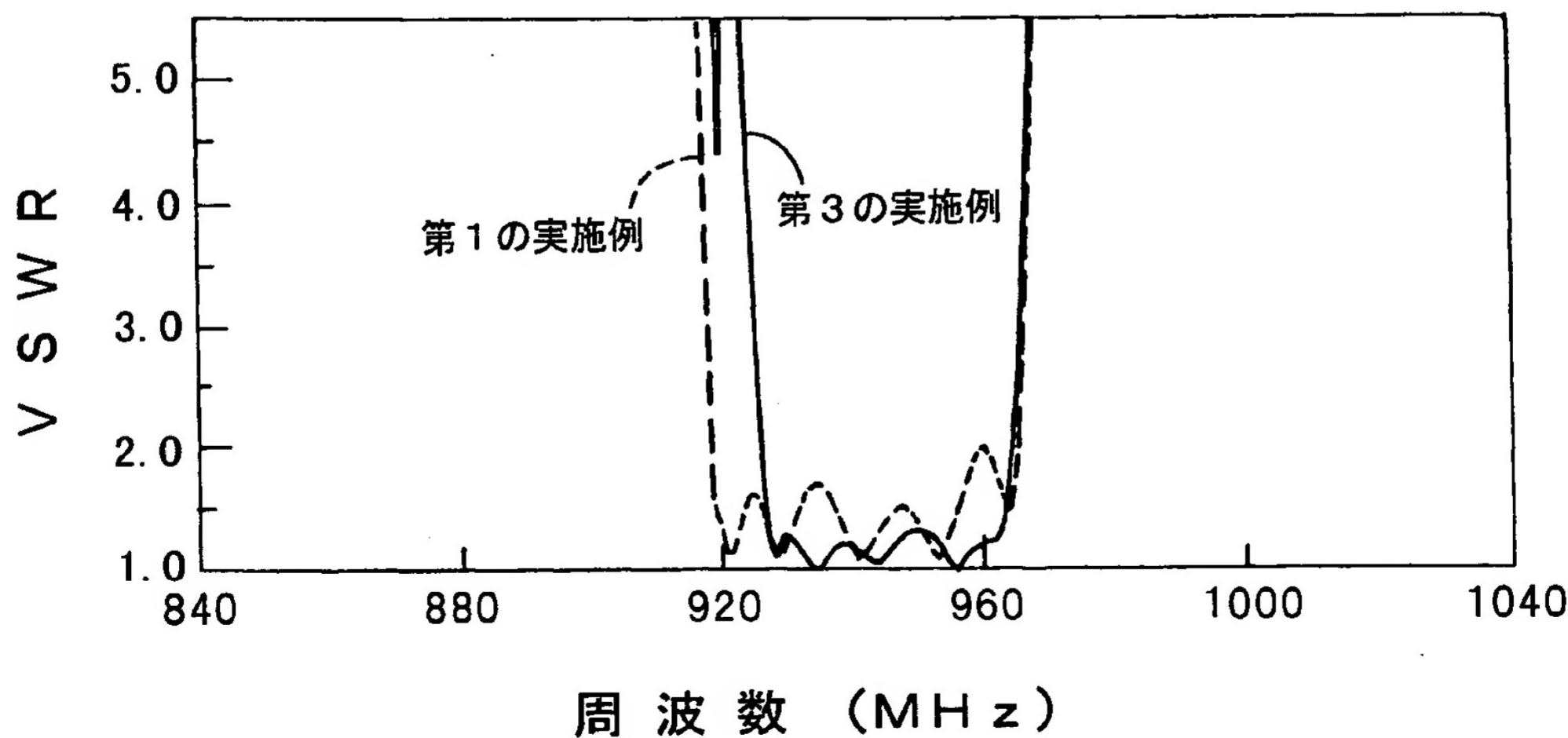


【図17】

(a)

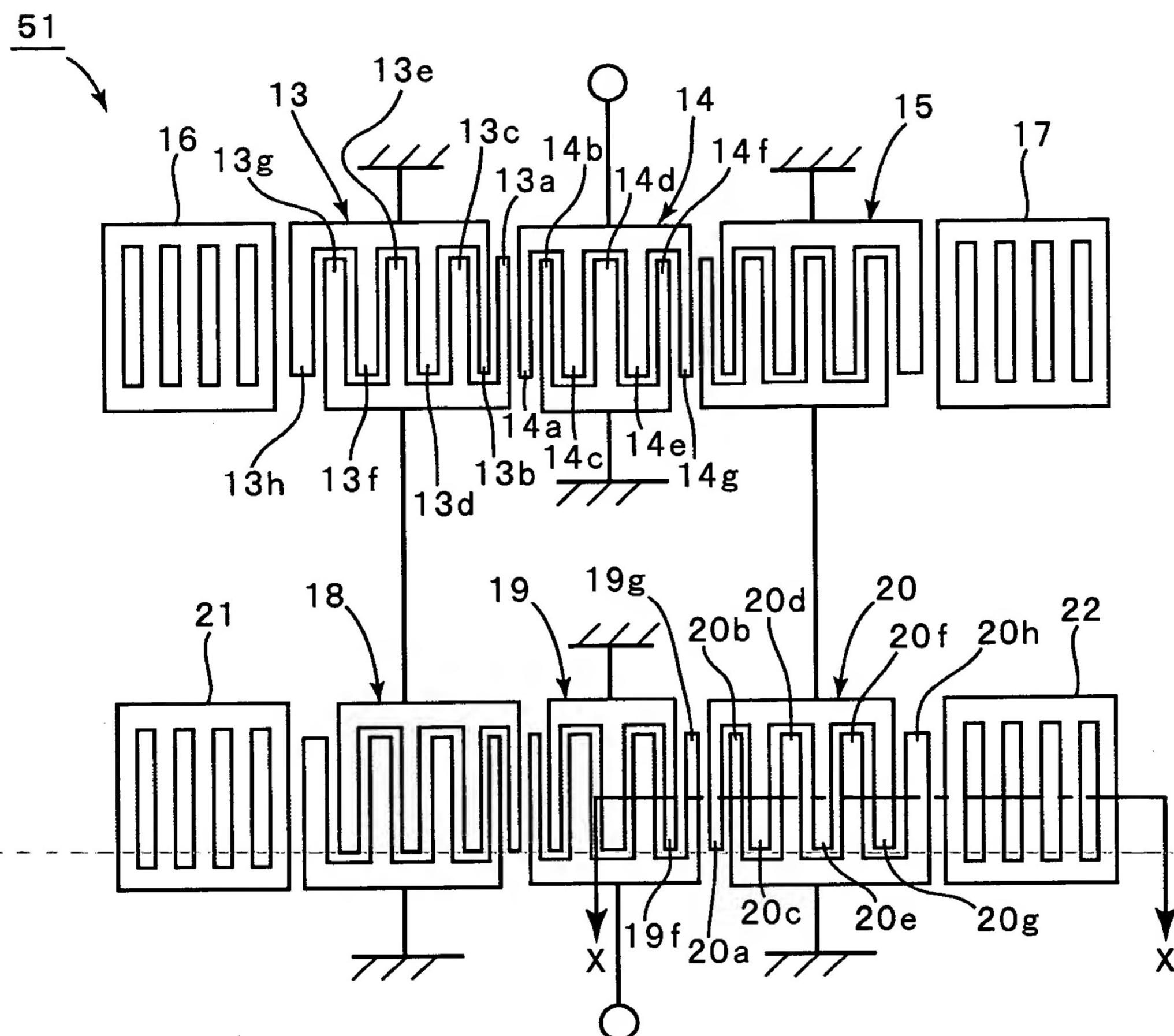


(b)

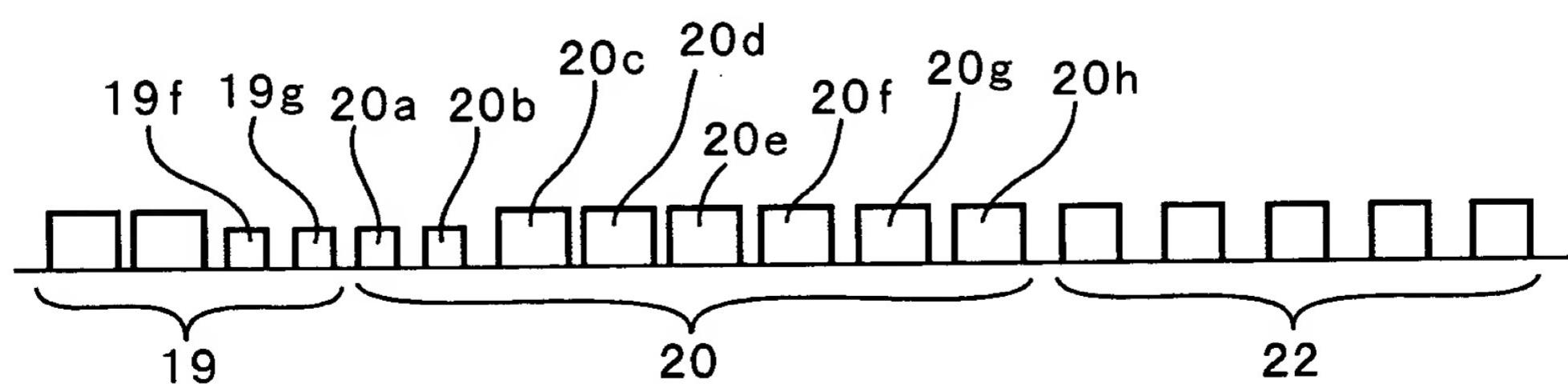


【図18】

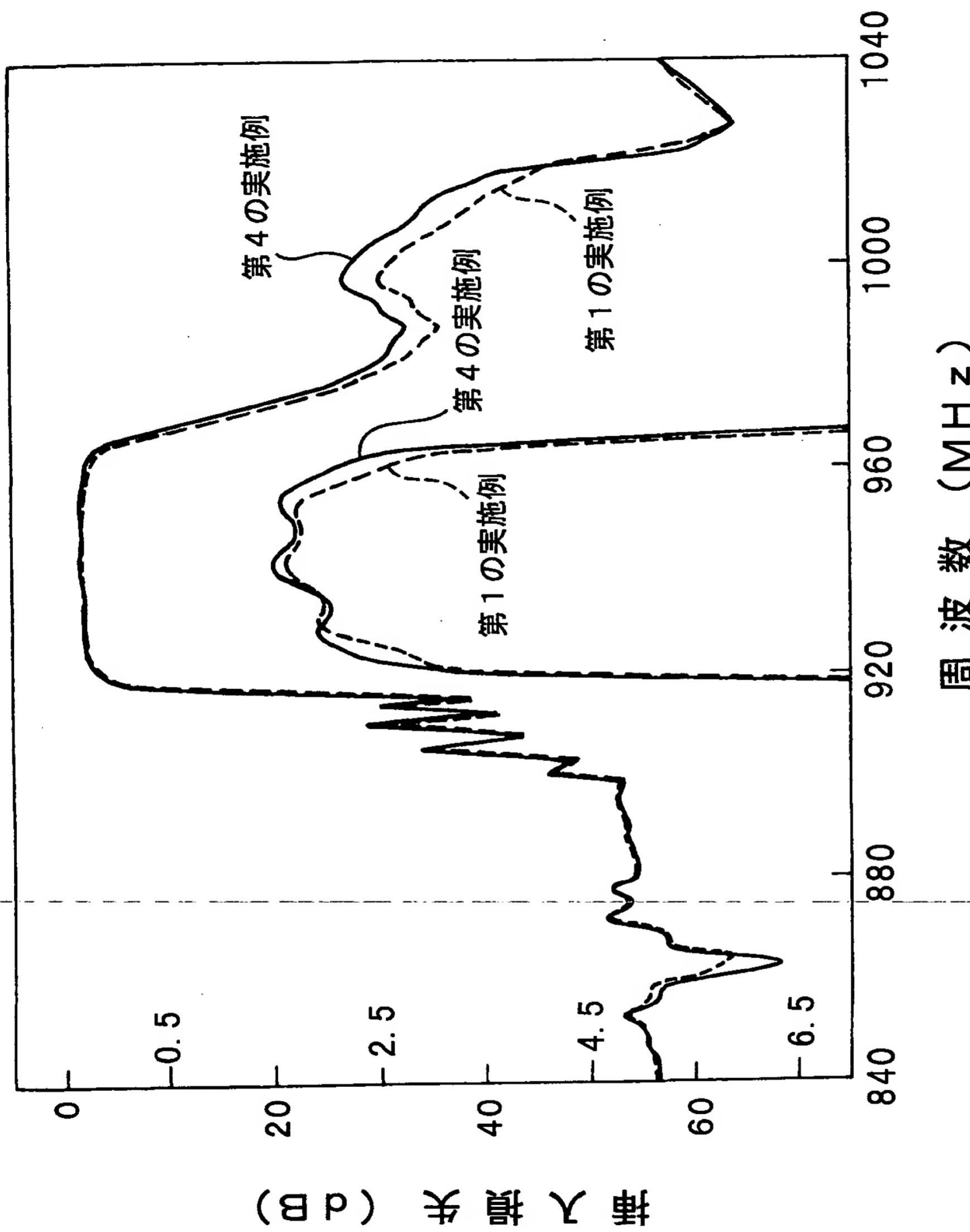
(a)



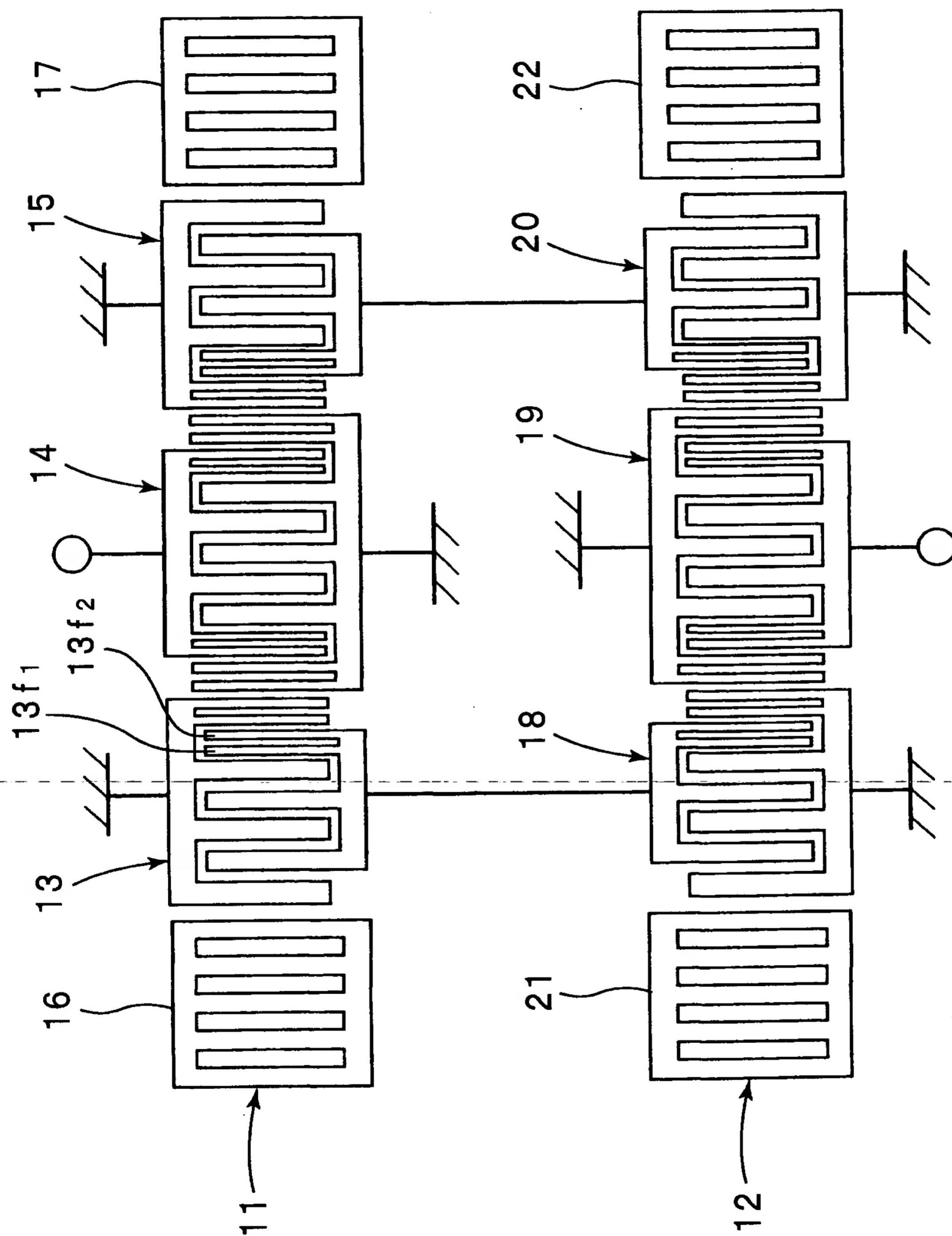
(b)



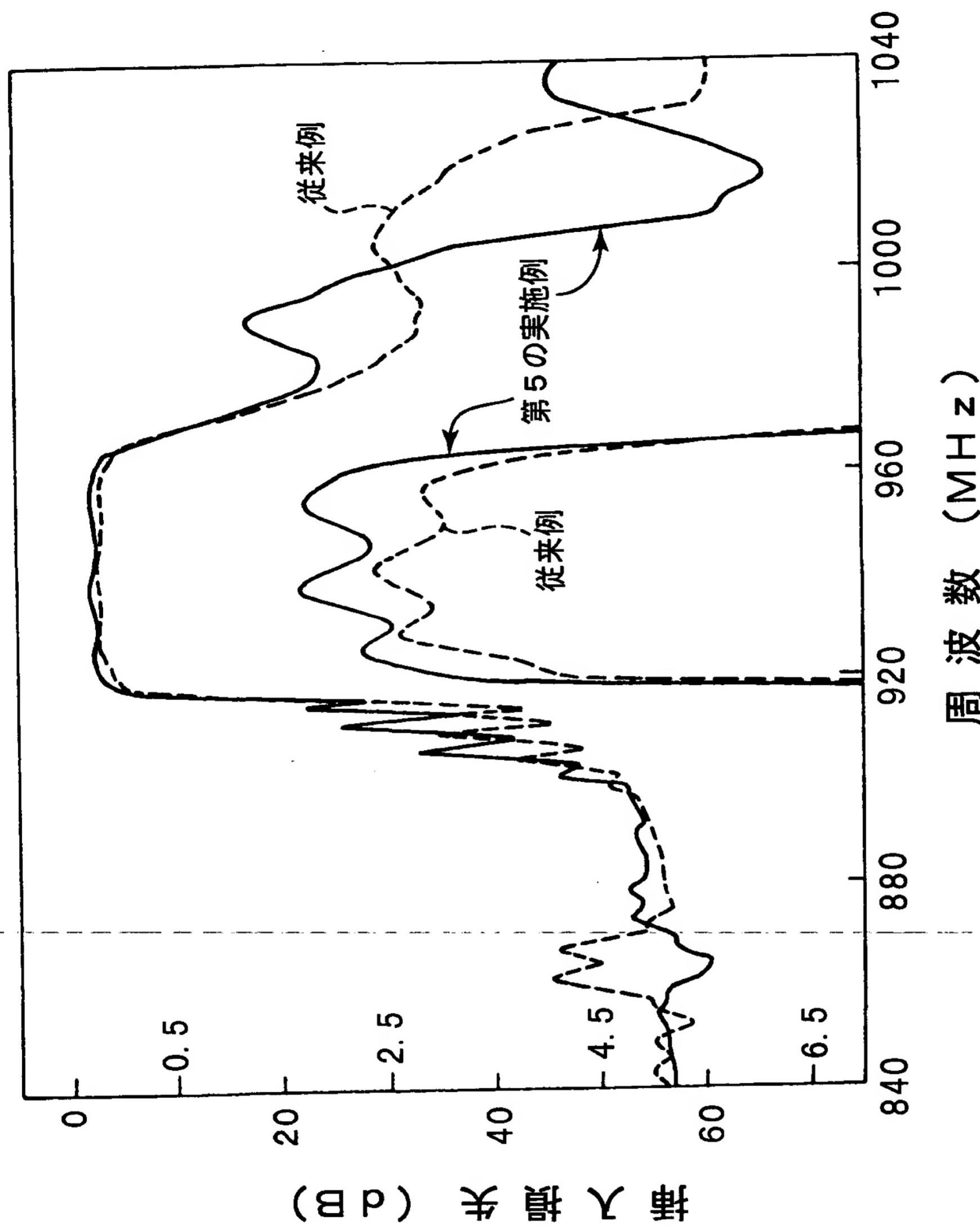
【図19】



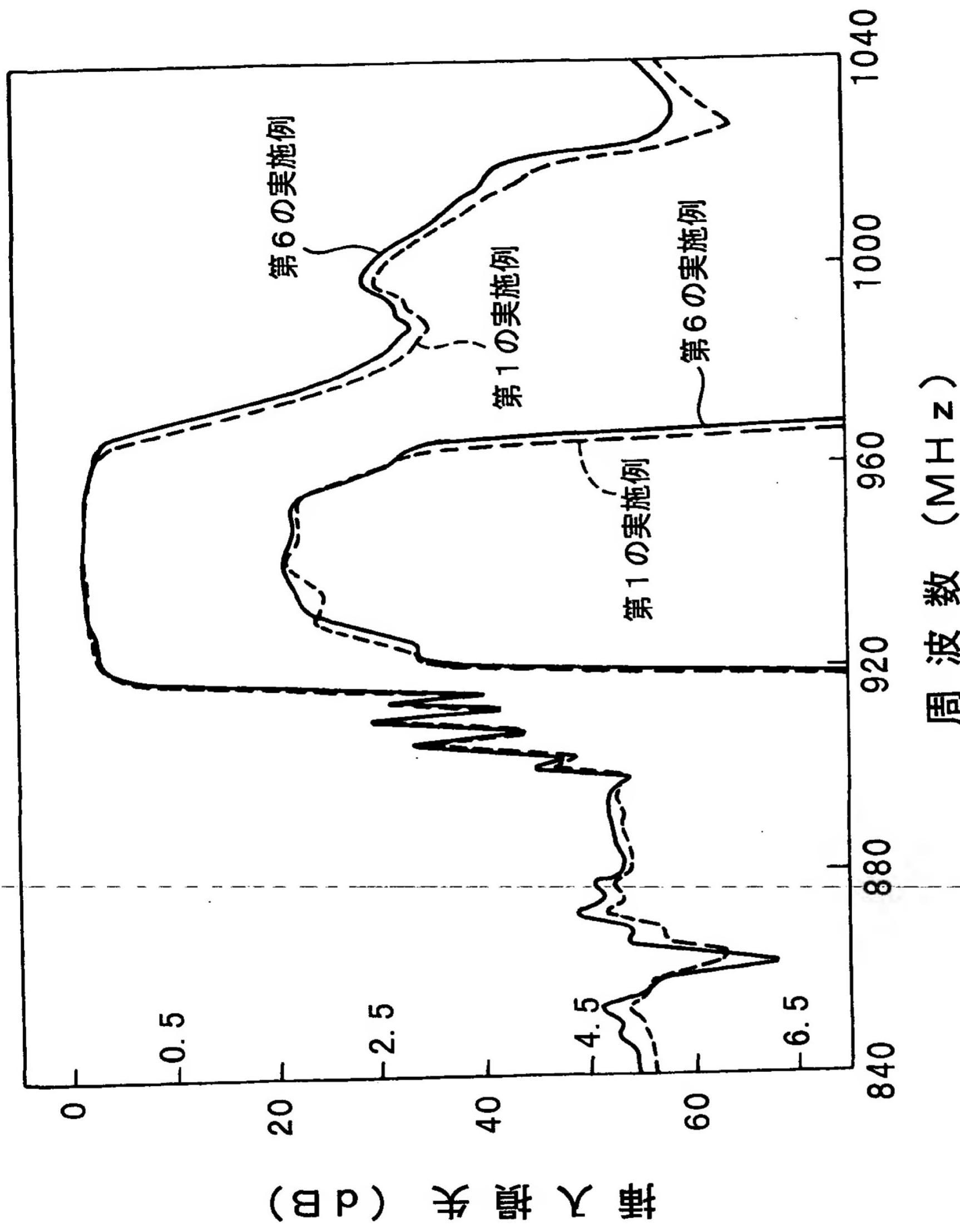
【図20】



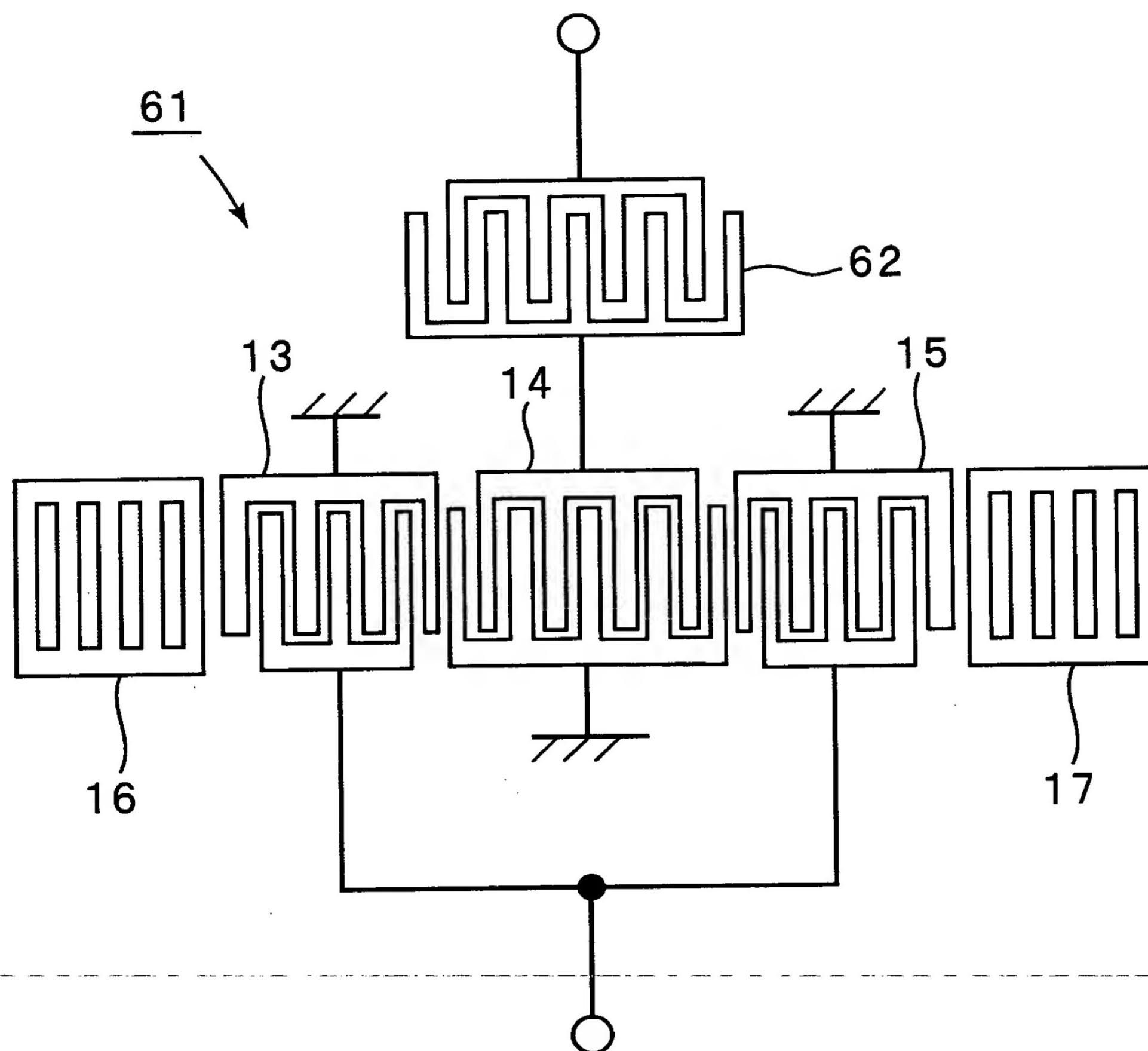
【図21】



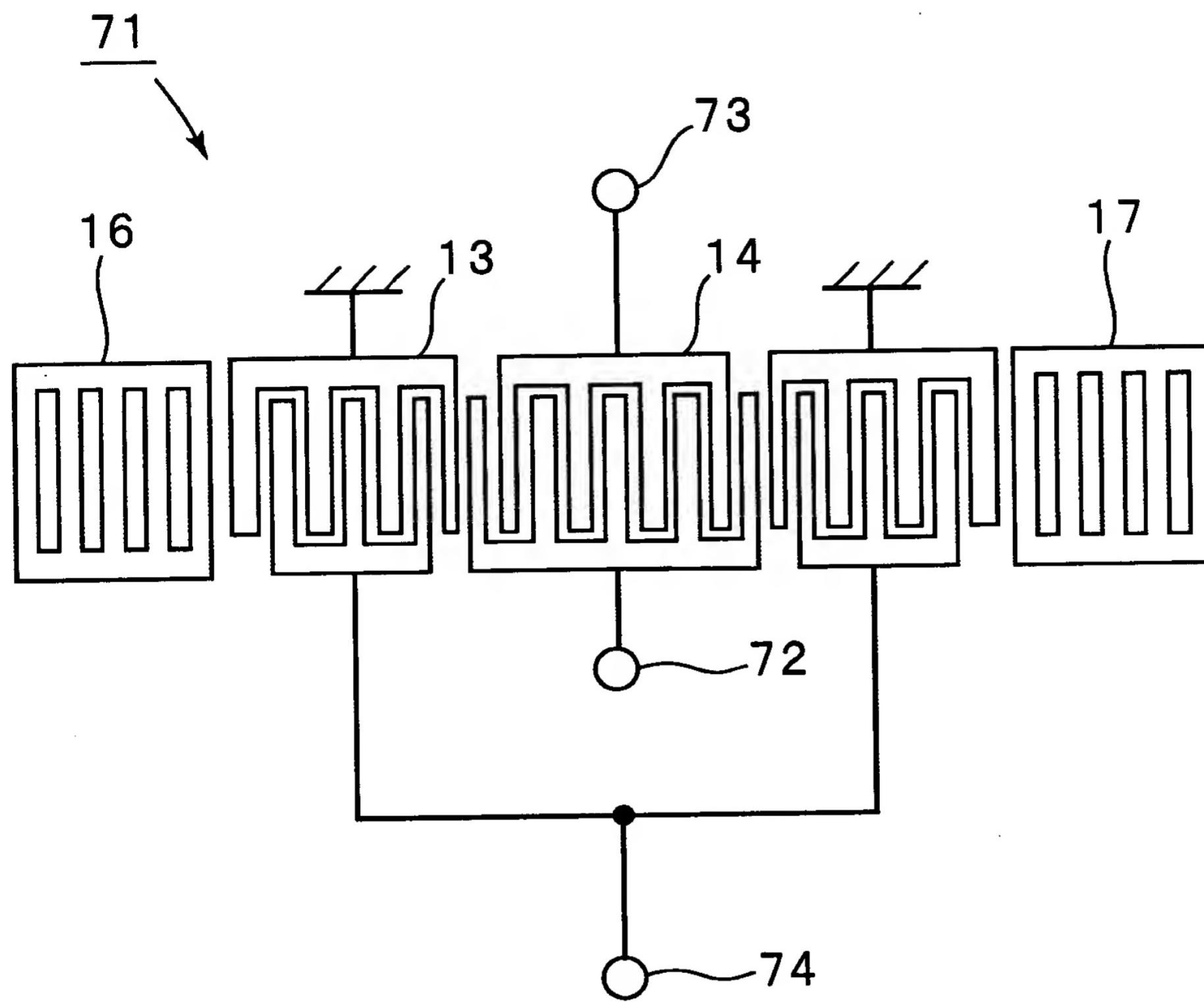
【図22】



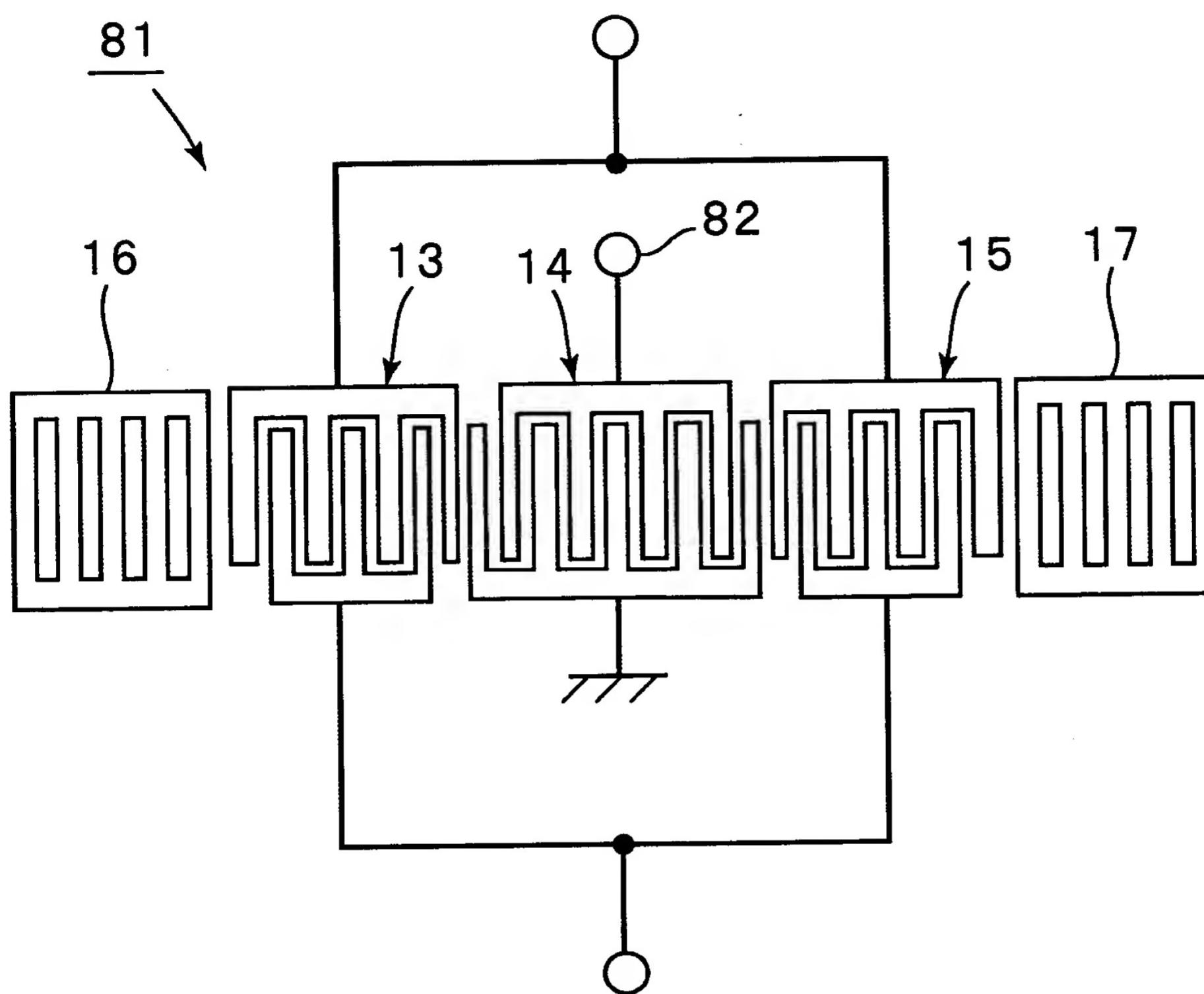
【図23】



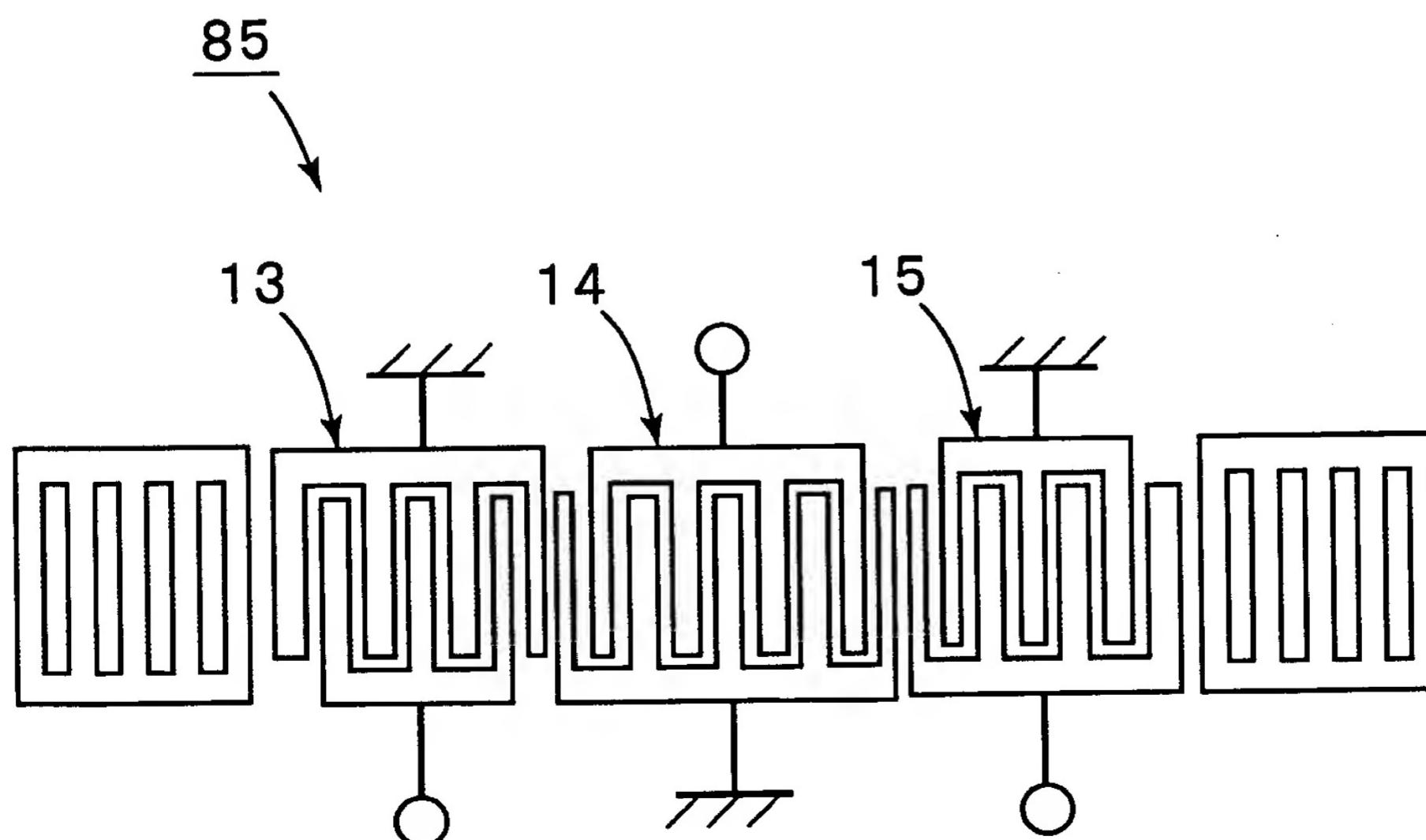
【図24】



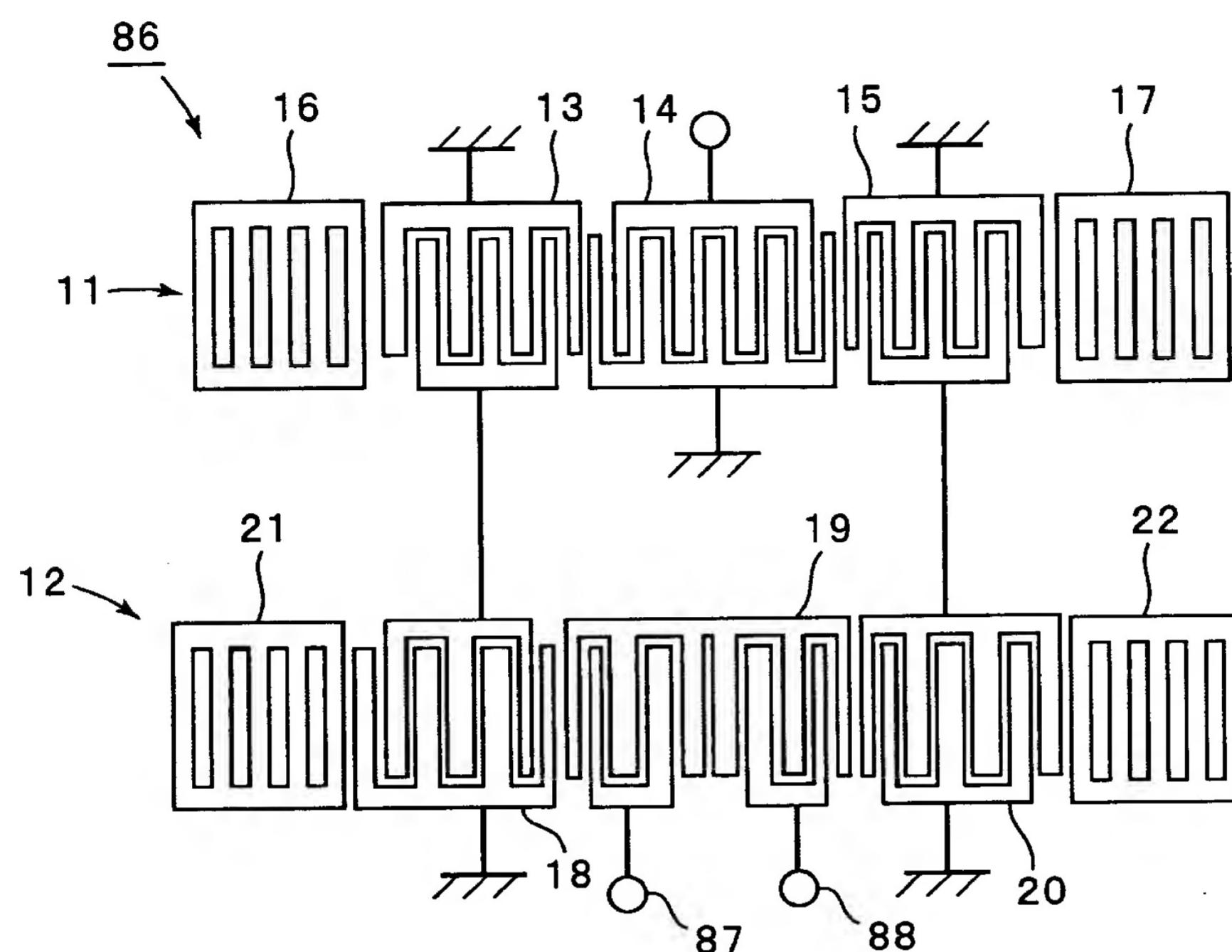
【図25】



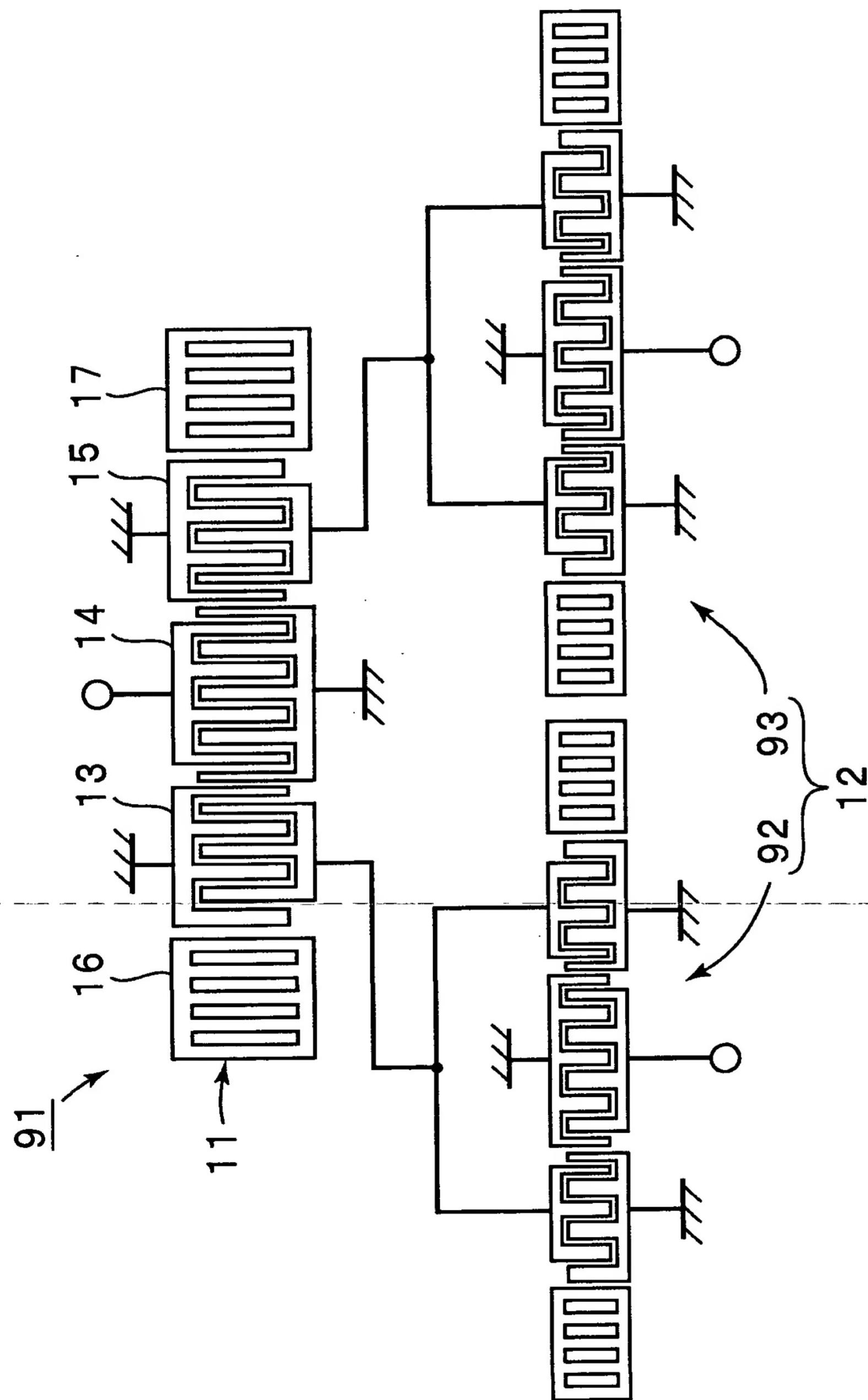
【図26】



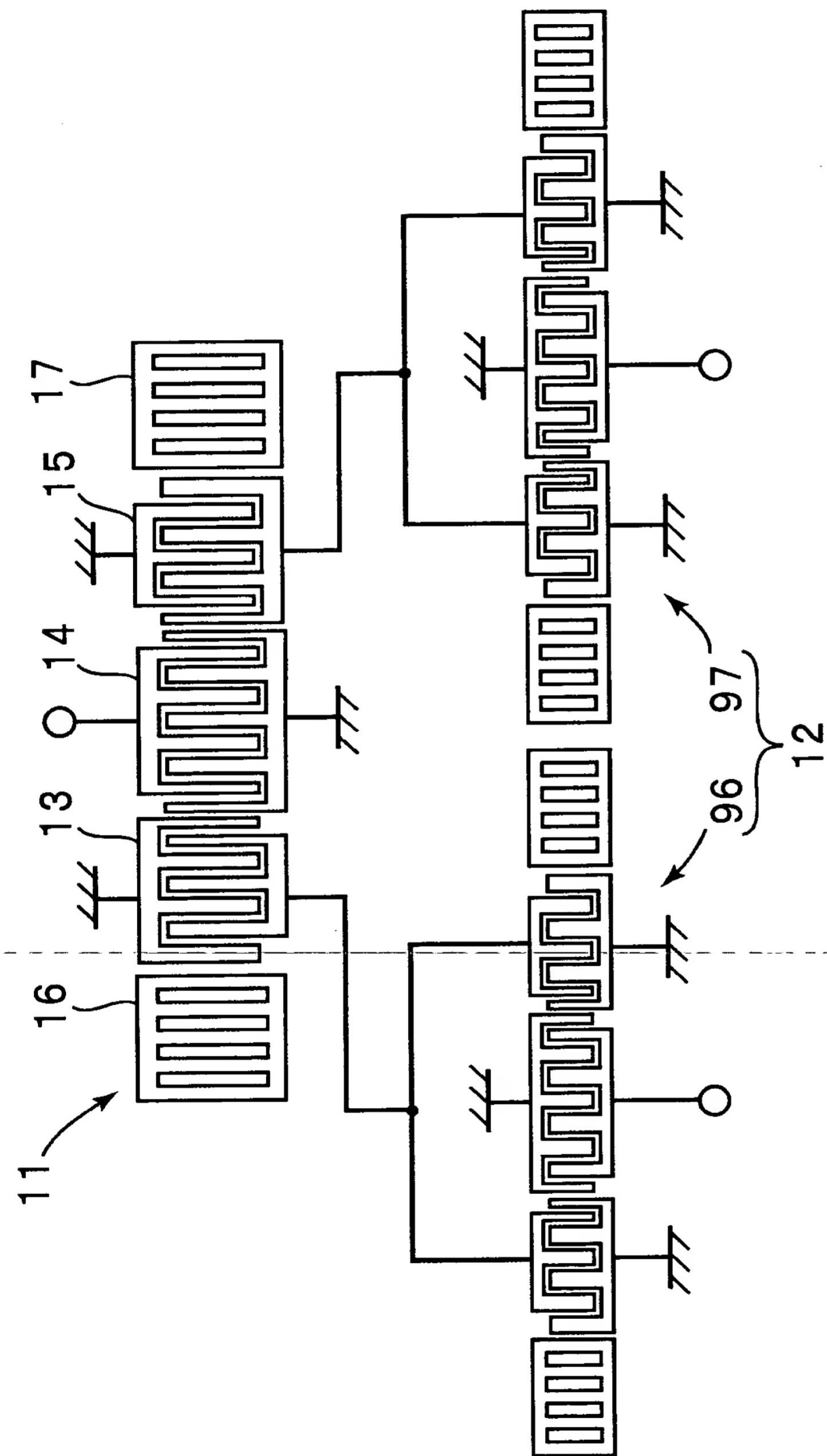
【図27】



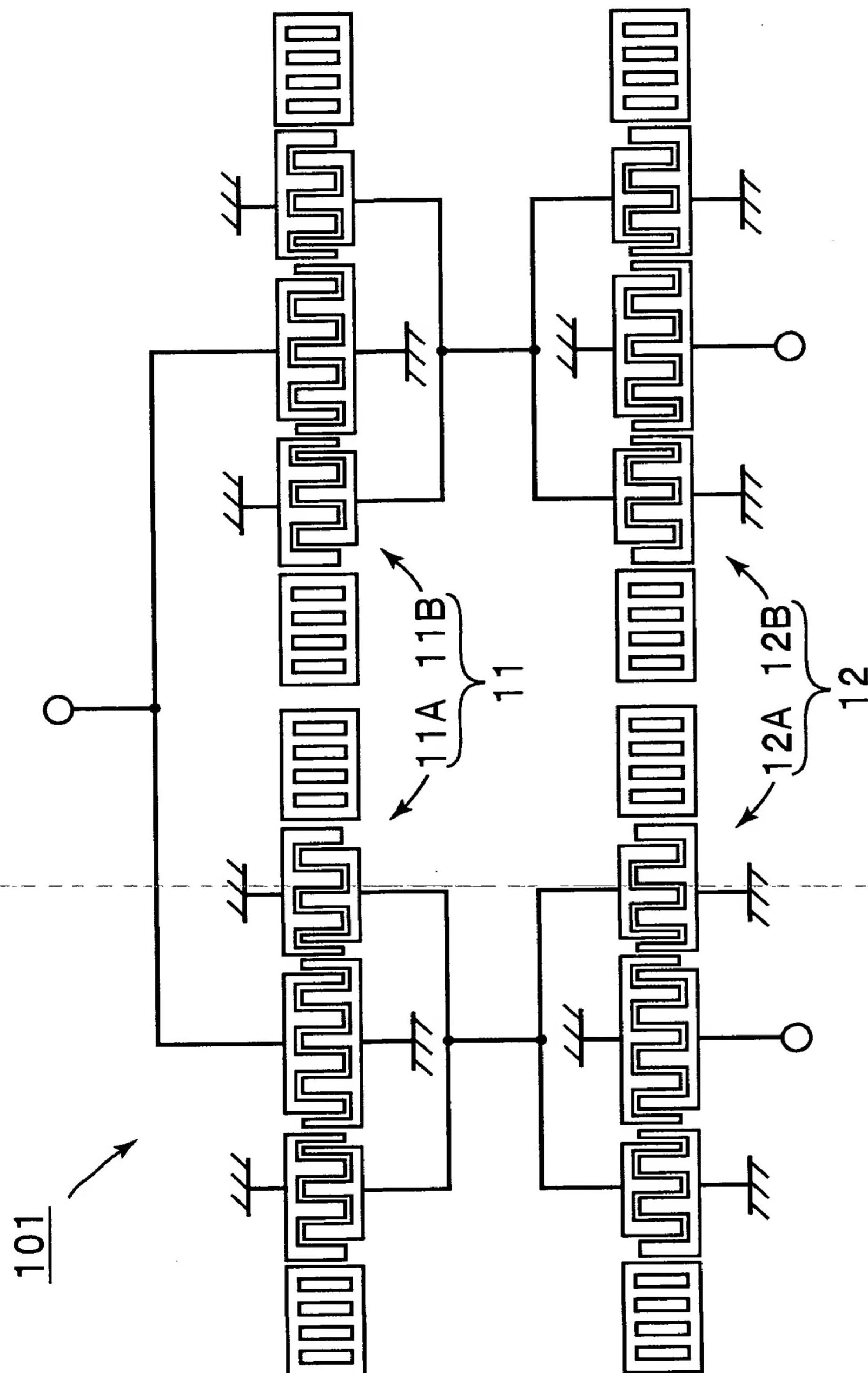
【図28】



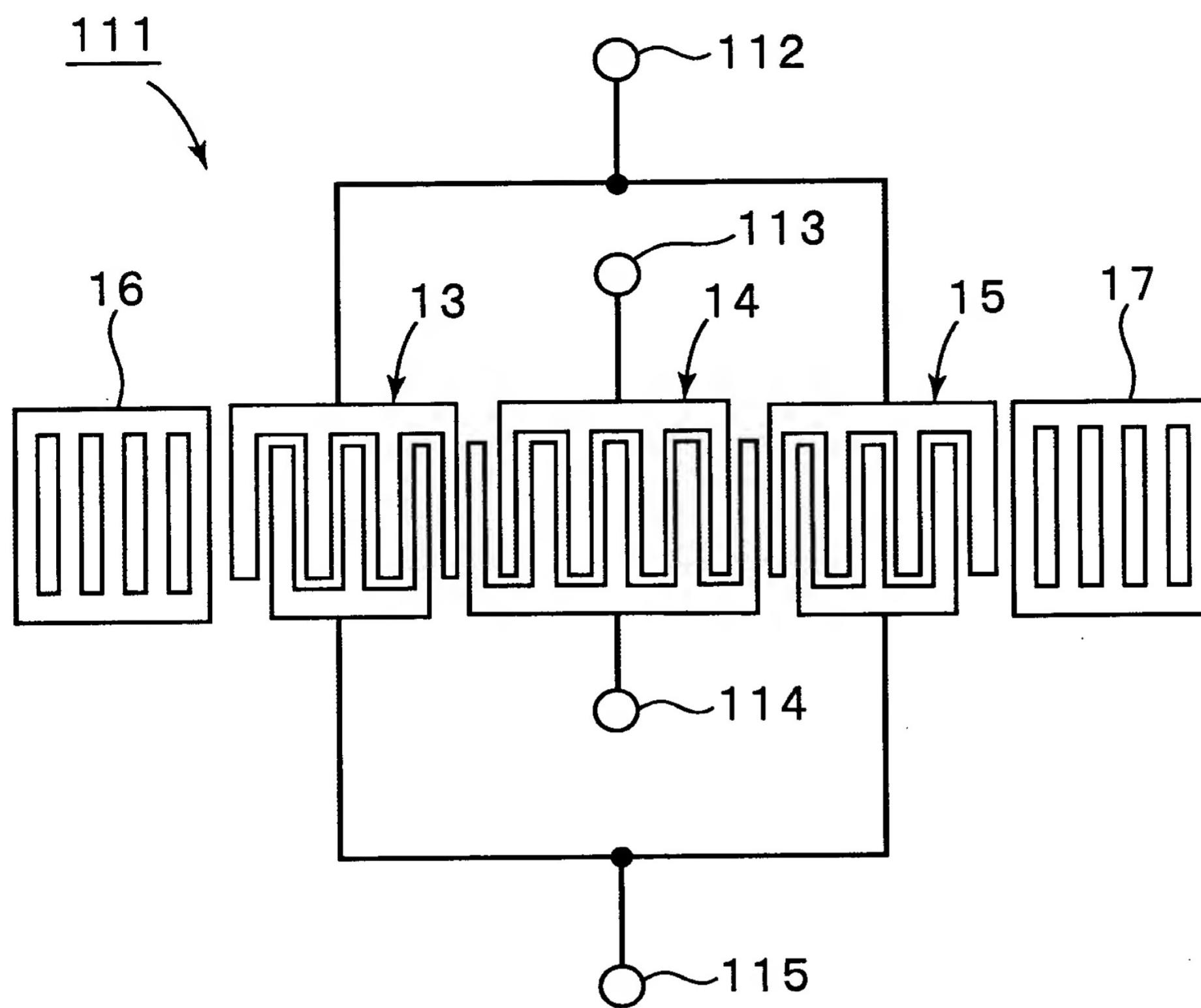
【図29】



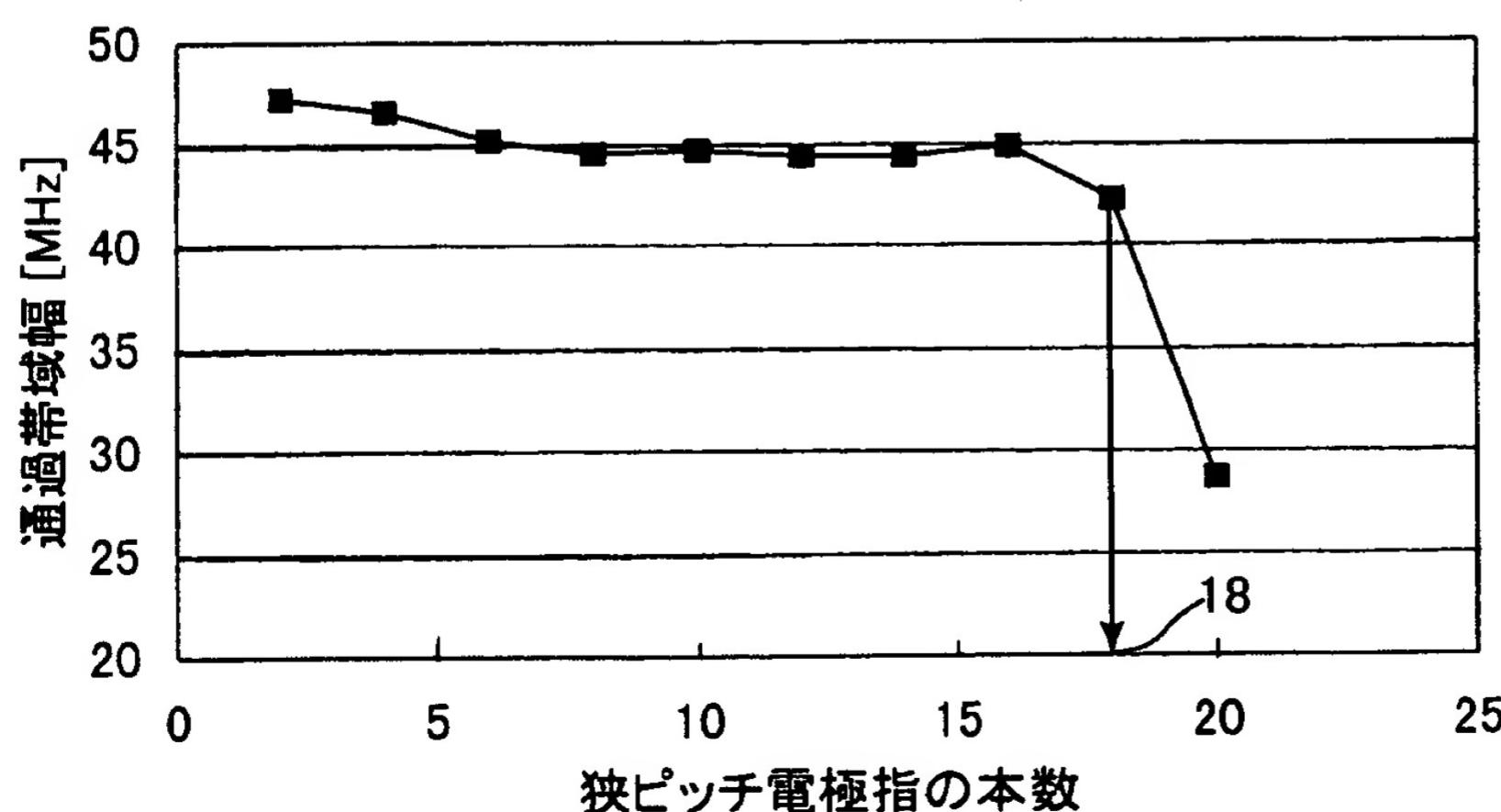
【図30】



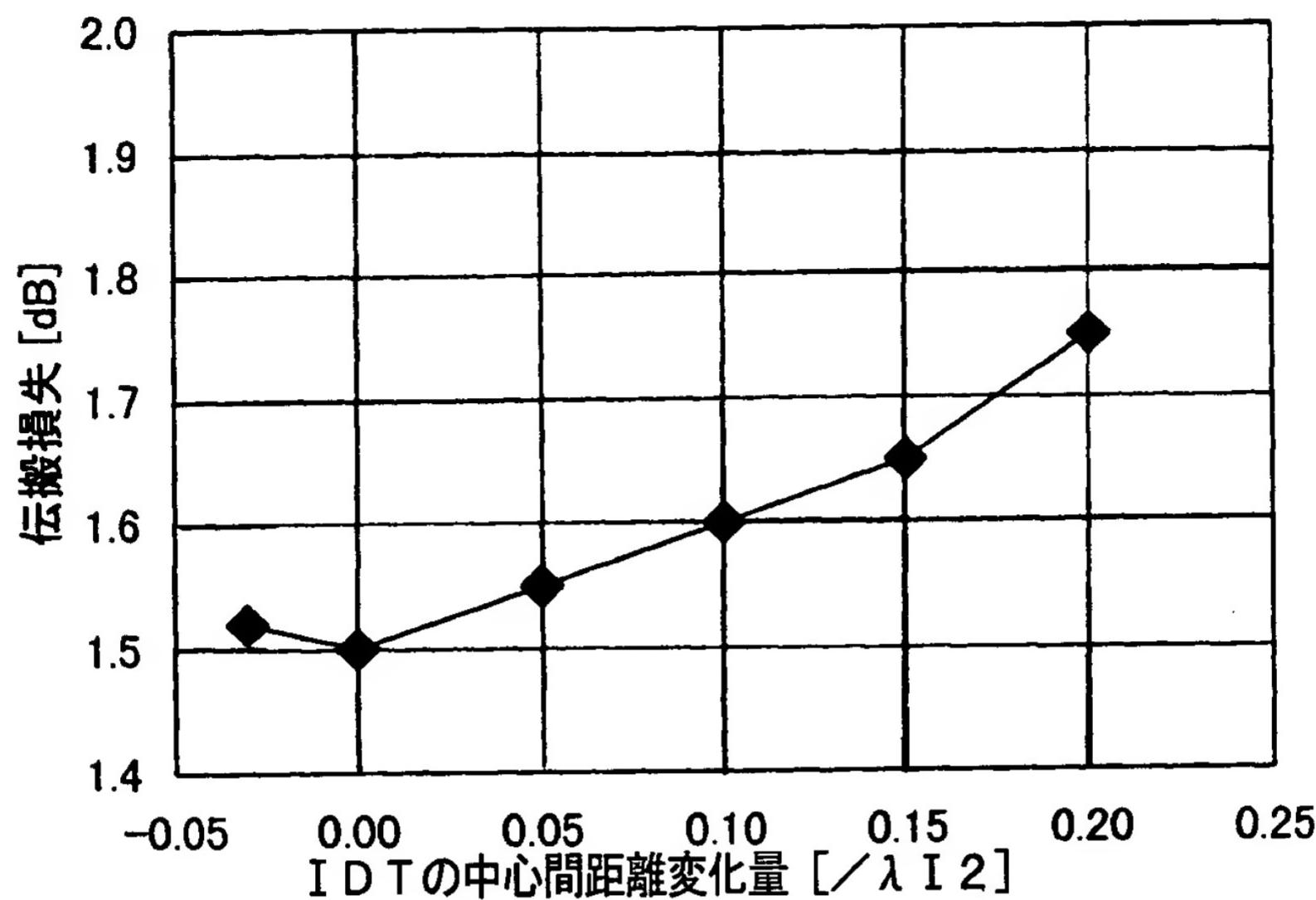
【図31】



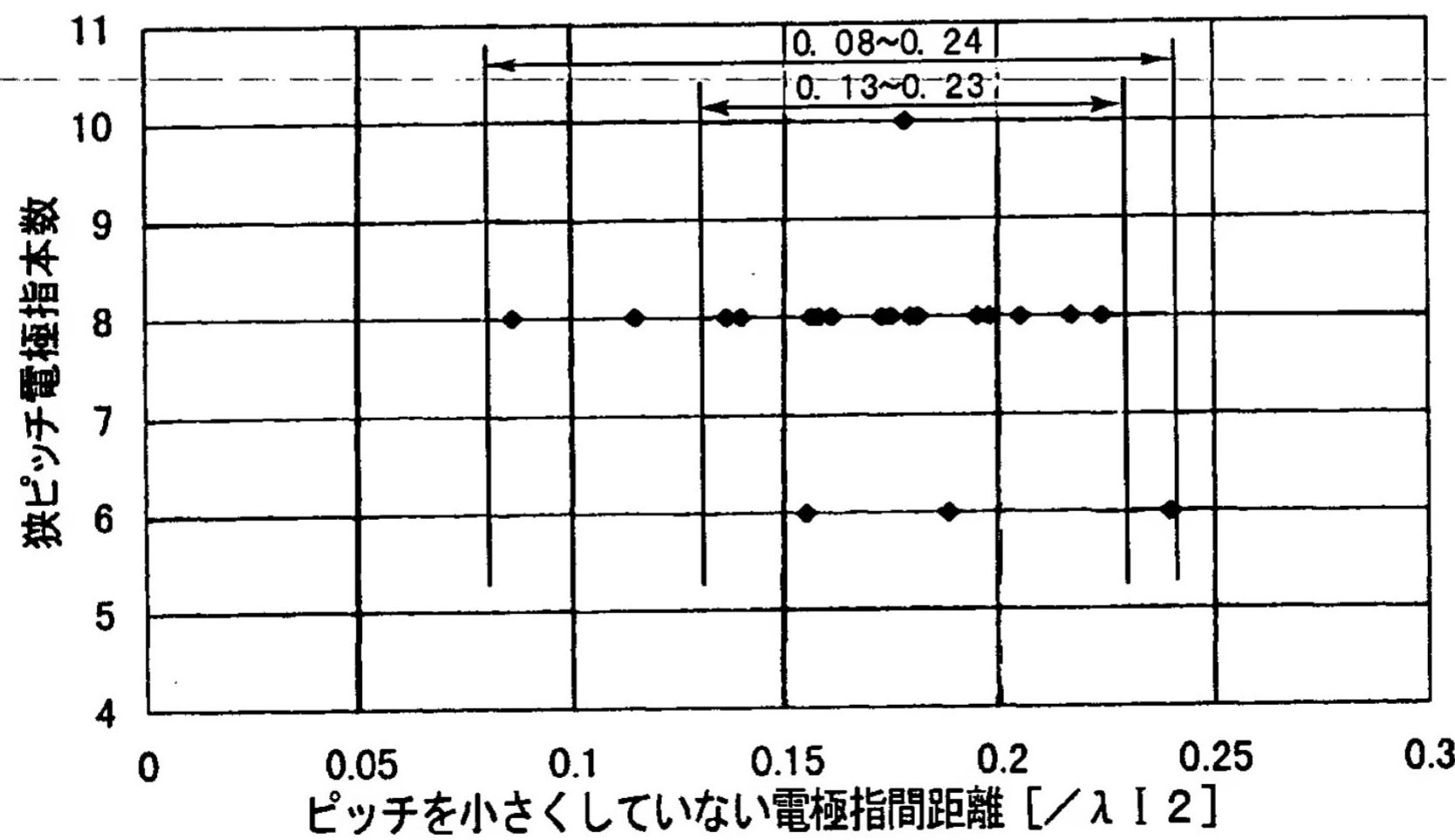
【図32】



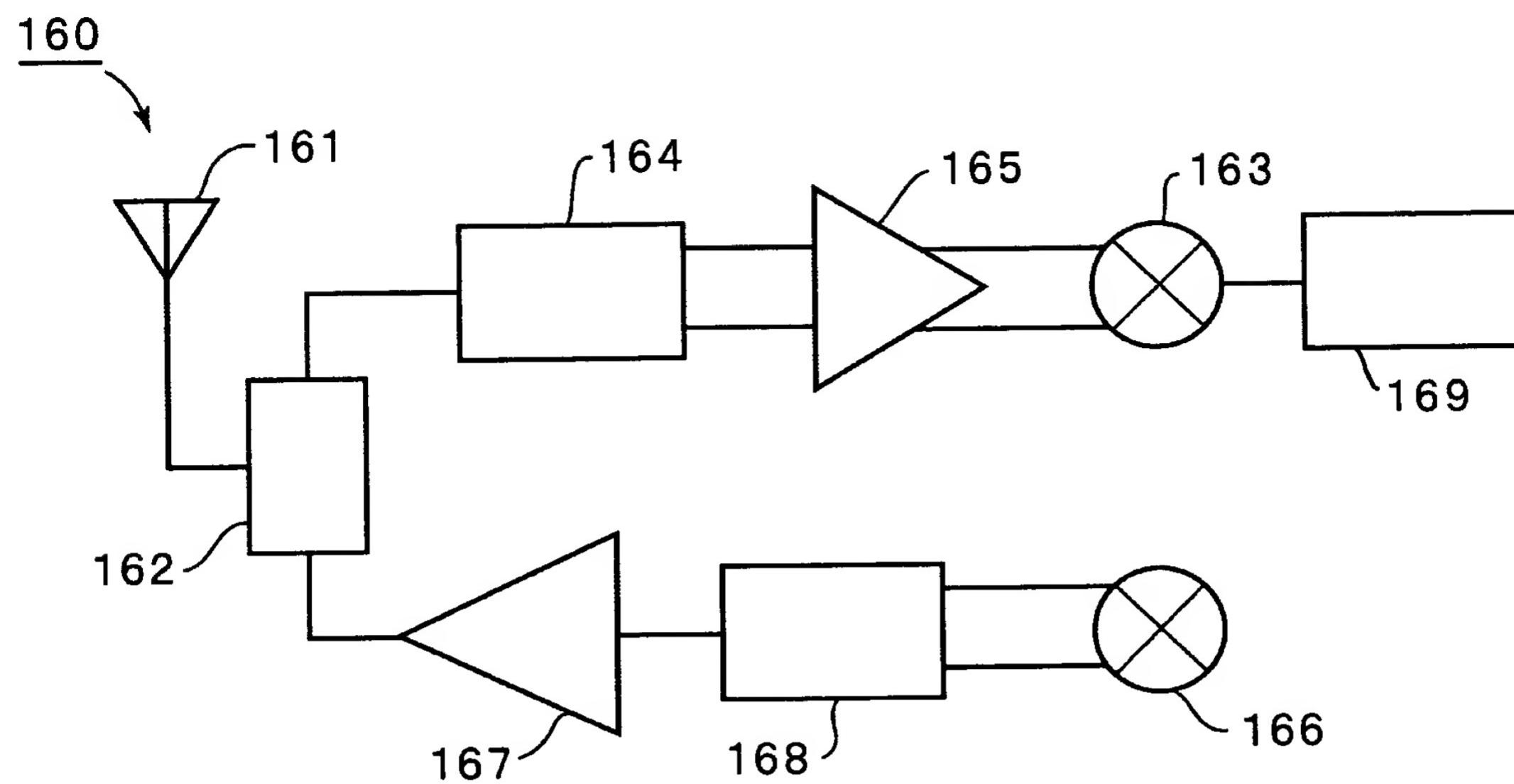
【図33】



【図34】



【図35】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広帯域化を図り得るだけでなく、通過帯域内における挿入損失を小さくし得る縦結合共振子型弹性表面波フィルタを得る。

【解決手段】 圧電基板2上に、弹性表面波伝搬方向に沿ってそれぞれ複数本の電極指を有する少なくとも3つのIDT13～15を備え、少なくとも1つのIDT13～15が、表面波伝搬方向に隣接している他のIDT端部から一部分である第1の部分の電極指の周期が、該IDTの残りの部分である第2の部分の電極指の周期と異なっている、縦結合共振子型弹性表面波フィルタ1。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000006231]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府長岡京市天神二丁目26番10号

氏 名 株式会社村田製作所